**Глава «ОСНОВЫ ПИВОВАРЕНИЯ»**

**1 ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИВА**

**1.1 Характеристика пива как напитка**

**1.1.1 Характеристика пива. Классификация пива**

Пиво представляет собой игристый, освежающий напиток с характерным хмелевым ароматом и приятным горьковатым вкусом. Вследствие насыщенности углекислым газом и содержания небольшого количества этилового спирта пиво не только утоляет жажду, но и повышает общий тонус организма человека. Являясь хорошим эмульгатором пищи, оно способствует более правильному обмену веществ и повышению усвояемости пищи. К тому же, экстракт пива весьма легко и полно усваивается организмом.

Популярность этого пенного напитка в России очень велика и увеличивается ежегодно. Даже правительство озаботилось данной ситуацией и принимает ряд мер для сокращения рекламы и ограничении его потребления в общественных местах. Однако в объемах потребления на душу населения мы еще очень далеки от других стран и занимаем почетное 23-е место в мировом рейтинге с 50-ю литрами в год на человека. В Чехии (1-е место) потребляют около 158 л, а средний уровень (среди стран, активных потребителей) составляет 79 л. А вот Китай оказался на последнем месте с 23 л на душу населения, зато первый по производству, а Россия среди производителей на 6-м месте с более чем троекратным отставанием от того же Китая.

Объясняется эта ситуация достаточно просто. Потребление пива, в некоторой степени, отражает экономическое состояние страны и в европейских государствах считается хорошей альтернативой более крепким напиткам. России до Европы еще пока далеко, поэтому многие предпочитают более дешевые и «проверенные средства».

Пиво вырабатывают трех типов: ***светлое*** с экстрактивностью начального сусла от 8 до 23 % и цветом 0,4-1,5 ц. ед. (цветовая единица — это единица цвета пива, соответствующая цвету ра­створа, состоящего из 100 см3 воды и 1 см3 раствора йода концент­рацией 0,1 моль/дм3); ***полутемное*** с экстрактивностью начального сусла от 11 до 23 % и цветом 1,6-3,5 ц. ед.; ***темное*** с экстрактив­ностью начального сусла от 11 до 23 % и цветом 3,6 ц. ед. и более.

***По способу обработки*** пиво подразделяют на непастеризованное и пастеризованное.

***В зависимости от вида применяемых дрожжей*** пивобывает **низового** и **верхового брожения**. К пиву верхового брожения относится пиво «Бархатное».

Около 90 % производимого пива низового брожения приходится на светлые сорта, для которых характерны тонкий, слабовыраженный солодовый вкус, хмелевой аромат и ярко выраженная хмелевая горечь. Их готовят из светлого пивоваренного солода с добавкой несоложеных материалов (ячменя, рисовой сечки, обезжиренной кукурузной муки, сахара), воды, хмеля или хмелевых препаратов. Типичные представители светлого пива: «Балтика», «Ярпиво», «Клинское», «Эффест пилзнер», «Жигу­левское», «Московское», «Рижское», «Невское».

При производ­стве темных сортов пива используются специальные сорта солода (темный, карамельный и др.). Поэтому темное пиво имеет солодово-карамельный сладковатый вкус, менее выражен­ную хмелевую горечь и более интенсивную окраску по сравне­нию со светлыми сортами. К темному пиву относятся «Бархатное», «Украин­ское», «Мартовское», «Портер» и др.Невозможно один какой-нибудь сорт пива, превосходящий по вкусу и аромату другие сорта. Каждый сорт имеет своего потребителя.

В последнее время повысился спрос на пиво с низким содержанием спирта, особенно в странах, где оно является традиционным, широко распространенным напитком.

**Показатели качества пива.** Качество пива оценивают по органолептическим и физико-хи­мическим показателям.

В зависимости от экстрактивности ***объемная доля спирта*** в светлом пиве не менее 2,8-9,4 %, в полутемном и темном — 3,9- 9,4 %.

Во всех типах пива ***массовая доля диоксида углерода*** должна быть не менее 0,33 %, ***высота пены*** — не менее 30 мм, ***пеностойкость*** — не менее 2 мин; ***стойкость непастеризованного пива*** — не менее 8 сут, ***пастеризованного*** и ***обеспложенного*** — не менее 30 сут. Энергетическая ценность 30-85 ккал в 100 г пива в зависи­мости от экстрактивности начального сусла.

По органолептическим показателям пиво должно соответство­вать требованиям ГОСТ Р 51174-98, указанным в таблице 1.

Таблица 1 - Органолептические показатели пива

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Тип пива |
| показателя | светлое | полутемное | темное |
| Прозрачность | Прозрачная жидкость без осадка и посторонних включений |
| Аромат и вкус | Чистый вкус и аромат сброженного солодового напитка с хмеле­выми горечью и ароматом без посторонних запахов и привкусов |
|  | Соответствующиетипу пива | Солодовый вкус с привкусом карамельного солода, соответствующийтипу пива | Полный солодовый вкус с выраженным привкусом карамельного или жженого со- лода, соответствующий типу пива |
|  | В пиве с экстрактивностью начального сусла 15 % и выше должен присутствовать винный привкус |

***Кислотность*** пива зависит от экстрактивности сусла и колеблется от 1 до 5 к. ед. (кислотная единица — это единица кислотности пива, эквивалентная 1 см3 раствора гидроксида натрия концентрацией 1 моль/дм3 на 100 см3 пива).

 Органолептическую оценку пива осуществляют по 25-балловой системе. При этом пиво, получившее суммарный балл 22-25, имеет оценку «отлично»; 19-21 — «хорошо»; 13-18 — «удовлетво­рительно» и 12 и менее баллов — «неудовлетворительно» (таблица 2).

Пена – это дисперсная система, в которой дисперсной фазой является углекислый газ, а дисперсионной средой – водно-спиртовый раствор экстрактивных веществ.

Таблица 2 - Балловая оценка качества пива

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование показателя | Отлично | Хорошо | Удовлетвори-тельно | Неудовлетвори-тельно |
| Прозрачность | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Цвет | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Вкус | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Хмелеваягоречь | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Аромат | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Пенообразование | 5 | 4 | 3 | 2 |
| Для пива в бутылках |
| Высота пены, мм, не менее | 40 | 30 | 25 | Менее 30 |
| Стойкость, мин, не менее | 4 | 3 | 2 | Менее 2 |
| Для пива в бочках (автоцистернах) |
| Высота пены, мм, не менее | 35 | 25 | 15 | Менее 15 |
| Стойкость, мин, не менее | 3,5 | 2,5 | 1,5 | Менее 1,5 |

**1.1.2 Дегустация пива**

Расширение ассортимента Российского пива поистине не знает границ! Но много, это не всегда качественно. Как же определить добротность этого напитка?

Важными показателями качества пива является ***цвет*** и ***характеристика пены***. Практически любая марка пива имеет свой оттенок. Европейская пивоваренная конвенция (ЕВС) использует для оценки цвета пива особые стандарты - 9 стеклянных дисков разных оттенков.

Специалисты нашей страны используют специальную иодную шкалу. При этом цвет определяют по удельному весу иода. В понятии «цвет» важен не только характерный оттенок, но и ***прозрачность***, наличие или отсутствие цветовой гаммы. Самые жесткие требования предъявляются к светлому пиву. Его цветовая гамма должна быть чистой, прозрачной, золотистой. Оно не должно иметь красноватого, коричневатого или зеленоватого оттенка. И еще - очень характерное: оно должно блестеть. А вот темное пиво может не блестеть, быть коричневым и даже не быть прозрачным. И при всем этом оставаться пивом. Но вот определить по цвету - хорошо ли оно - не сможет ни один профессионал.

Неотъемлемая составляющая пива хорошего качества - обильная, густая, стойкая, специфическая ***пена***. Как же определить степень обильности, густоты и стойкости простому потребителю?

Налейте пиво в большой бокал или стакан. Отличное пиво должно иметь высоту пены не менее 4о мм и сохранять ее не менее 4 мин. Если пена ниже или исчезает бесследно за меньший промежуток времени, значит, оно не совсем отличное. Если под рукой нет линейки, попробуйте слегка подуть на пену. Если пена исчезает, значит, пиво плохое, если она «загибается», значит, хорошее. И наконец, положите монетку сверху на слой пены. Она не тонет - еще один показатель хорошего качества.

Кроме того, пена должна «прилипать» к стенкам. Если после того, как Вы выпили пиво, на стенках бокала остались следы пены, все в порядке - Вы пили пиво. Если же следа нет, то стоит задуматься: а действительно ли это настоящее пиво.

Впрочем все это зрительные образы. Главное при дегустации пива имеет, впрочем, не зрение, а обоняние. Обоняние человека гораздо более многогранно и чувствительно, чем вкус. Если Вы хотите оценить качество пива по запаху, то должны определить, насколько гармонично сочетание всех запахов, которые Вы вдыхаете и выдыхаете, понюхав пиво и попробовав его на вкус.

При ***характеристике запахов*** используют следующие понятия: хмелевой, чистый, свежий, слабый хмелевой, дрожжевой, цветочный, запах испорченного пива (кислый, тухлый).

Мы вдыхаем запахи и тогда, когда пьем пиво: движение напитка в полости рта также направляет ароматы на обонятельную оболочку. Эта же оболочка воспринимает и те запахи, которые впитала слизистая оболочка рта и которые мы чувствуем, уже проглотив пиво. Наибольшее восприятие запаха, кстати, проявляется в тот момент, когда мы заканчиваем глоток. Принято считать, если после употребления остаются приятные ощущения, значит, пиво хорошего качества.

Существуют всего четыре элементарных ощущения вкуса: сладкий, горький, кислый и соленый, которые фиксируются соответствующими рецепторами. Немаловажным является температура, консистенция, вязкость, терпкость и так называемая маслянистость. Все это вместе формирует представление о вкусе пива.

Очень важной характеристикой пива является не только вкус, но и ***послевкусие***, то есть тот привкус, который остается во рту некоторое время после употребления напитка.

Кстати, любители «сладкого» пива предпочитают ощутить вкус напитка сразу - сладкий вкус заметен, как только пиво попадает в рот. А вот удовольствие от «горького» пива начинает ощущаться гораздо позднее, уже после того, как сделан первый глоток. Таким образом, любители «горького» пива как бы продлевают наслаждение.

Впрочем, большинство марок пива содержит в разных сочетаниях все четыре вкуса. И понятие «вкусное пиво» складывается из комплексного ощущения всех четырех, причем ощущения не мгновенного, а растянутого во времени. Последовательный переход от сладкого к кислому, соленому и горькому должен формировать приятные ощущения, как и общее послевкусие, когда работают все четыре группы вкусовых рецепторов. Малейшее отклонение - и прелесть вкуса исчезает.

В то же время длительное ощущение горечи в послевкусии свидетельствует о низком качестве пива, поскольку оно вызывается неудовлетворительным качеством используемого в приготовлении пива сырья или нарушением технологии.

Пиво можно условно разделить на два типа: светлое пиво пльзенского типа и темное пиво мюнхенского типа.

У светлого пива должна преобладать тонкая хмелевая горечь - экстрактивные вещества должны быть почти незаметны. После питья светлое пиво должно оставлять на языке быстроисчезающий вкус хмелевой горечи. Хорошее светлое пиво практически не имеет послевкусия. Качественное светлое пиво характеризуется такими вкусовыми терминами как «чистый», «полный», «гармоничный», «выраженный».

Темное пиво, наоборот, должно быть сладковатым и не оставлять хмелевой горечи - его вкус более полный, в результате чего пиво кажется более «плотным». После питья темное пиво должно оставить только вкус солода, без горьких послевкусий. Вкус хорошего темного пива характеризуется как «слабовыраженный», «пустой», «солодовый», «сладковатый».

Дегустатор должен быть очень объективным - все свои пристрастия «любителя» надо оставить за дверью в дегустационный зал. Перед дегустацией профессионал несколько часов не должен ничего есть и пить. При этом должны быть удалены все следы парфюмерии, запахи тела, одежды, помещения и даже свежего воздуха.

Процесс дегустации весьма прост. Охлажденное до 10 оС пиво наливают в специально приготовленные бокалы на ножке. Бокалы в верхней части должны быть узкими, чтобы избежать быстрой диффузии запаха.

Вначале пиво рассматривают, затем взбалтывают круговыми движениями и вдыхают. При этом, поскольку дегустируются разные сорта пива, следует вдыхать одинаковое количество воздуха с равной скоростью вдоха и выдоха. Лишь после этого пиво пробуют на вкус. Для этого в рот набирают 6-7 г напитка, который круговыми движениями перемещается во рту в течение 10 с. Перед дегустацией следующего образца необходимо немного подождать, чтобы все ощущения от предыдущего напитка исчезли. Для этого рекомендуется делать быстрые короткие вдохи.

Пиво нельзя разбавлять спиртными напитками даже того же самого происхождения и добавлять в него другое пиво. Пиво двух марок или одной марки, но неодинаковое по градусности, тоже не следует смешивать. Иначе нарушается уравновешенность вкусовых компонентов.

Пиво - это напиток специфического характера и чистоты. Перемешав его с другими напитками, мы лишаем его типичных для него оригинальных свойств.

**1.1.3 Химический состав пива**

Состав пива колеблется в довольно широком диапазоне в зависимости от состава зернового сырья, от экстрактивности исходного сусла и от степени сбраживания. Влияние на качество пива оказывают прежде всего основные продукты спиртового брожения, т.е. этиловый спирт и углекислый газ.

В зависимости от концентрации начального сусла и степени его сбраживания пиво содержит 86-91 % воды, 3-10 % несброженного экстракта, 1,5-6 % этилового спирта (по массе) и до 0,4 % углекислоты.

Основу экстракта составляют углеводы (4,8-8,3 %), азотосодержащие вещества, главным образом, белок (0,6-1,1 %), зола (0,2-0,4 %) и органические кислоты (0,15-0,3 %). Углеводы экстракта представлены мальтодекстринами (3-3,6 %), сахарами - мальтозой, глюкозой, фруктозой (1,2-1,6 %) и несбраживаемыми пентозами.

Из азотистых соединений, помимо белка, в пиве находятся альбумозы, пептоны, аминокислоты, амиды, аммиачные соединения. В составе органических кислот наряду с преобладающей молочной кислотой идентифицированы уксусная, янтарная, яблочная и щавелевая. На вкусовых свойствах пива сказываются содержащиеся в экстракте дубильные и горькие вещества хмеля, меланоидины и глицерин (0,2 %).

Пиво содержит витамины и минеральные вещества. В 1 л пива, полученного из сусла 10 %-ной концентрации, содержится тиамина 20-50, рибофлавина 340-560 и никотиновой кислоты 5800-9000 мкг. Тиамина много находится в солоде и сусле, но он адсорбируется дрожжами. Рибофлавин встречается в количестве 1-2 мкг на 1 г ячменя, а при солодоращении его содержание удваивается, и это количество витамина сохраняется в пиве. Эти витамины содержатся также в других пищевых продуктах. Правда витамин В1 встречается реже. Богатейшим источником этого витамина являются дрожжи. Поэтому и предложено много способов обогащения пива витамином В1, извлеченным из дрожжей.

Минеральных веществ в пиве содержится от 3 до 4 % из экстракта. Их количество зависит от состава сырья. Наряду с солодом оказывает влияние и производственная вода. Около 1/3 приходится на соли натрия и калия, соли фосфорной кислоты составляют также 1/3 и силикаты около 1/10. Следы дают от 0,1 до 5 мг/л алюминия, бария, хрома, меди, железа, марганца, молибдена, свинца, олова, стронция, титания, ванадия и цинка. В состав пивной золы входят KCl, NaCl, P2O5, SiO2, Al2O3, Fe2O3, CaO, MgO. Зола пива представлена солями натрия и калия (приблизительно 30 %), солями фосфорной кислоты (приблизительно 30 %), кремневой кислоты (около 10 %), небольшим количеством кальция, магния, алюминия и железа.

Неорганические вещества, 2-3 % которых содержится в солоде, также влияют на вкусовые качества пива. Наиважнейшие из них - фосфаты, образующиеся из фитина под воздействием фосфотаз.

Содержание алкоголя в зависимости от сорта пива колеблется от 2,8 до 7 % по массе. В некоторых, в основном зарубежных, сортах пива, полученных сбраживанием сусла 7 %-ной концентрации содержание алкоголя находится в пределах 1,8-2,2 мас. %.

Содержание этилового спирта (этанола) оказывает решающее влияние на качество пива и зависит у каждого вида (концентрация начального сусла) пива от степени сбраживания. Спирт является важным вкусовым компонентом, повышающим полноту вкуса. Одновременно он повышает также биологическую стойкость пива тем, что тормозит развитие некоторых видов бактерий.

Темное пиво менее сброжено и поэтому имеет более низкое содержание спирта.

Кроме этилового спирта и углекислого газа пиво содержит небольшое количество летучих высших спиртов, альдегидов, органических кислот, эфиров и некоторых других веществ. Также пиво содержит воздух, который из-за содержания кислорода является компонентом вредным и нежелательным. В качестве побочного продукта брожения в пиве всегда содержится глицерин, который нелетуч, и поэтому считается составной частью экстракта.

Содержание углекислого газа колеблется обычно от 0,35 до 0,40, самое большое до 0,45 мас. %. Углекислый газ является характерным и с точки зрения качества очень важным компонентом пива. Пиво, правильно насыщенное углекислым газом, имеет свежий вкус и является освежающим напитком.

Тот факт, что углекислый газ выделяется из пива довольно медленно и мелкими пузырьками, объясняется в классической литературе его частичной адсорбцией на коллоидных веществах. Предполагается, что чем лучше углекислый газ в пиве «связан», тем медленнее он освобождается и тем меньших размеров образуются пузырьки. 98-99 % всего углекислого газа присутствует в пиве в виде свободного углекислого газа (СО2), физически растворенного, а оставшиеся 1-2 % в виде угольной кислоты (Н2СО3).

Из остальных летучих веществ пива количественно преобладают высшие спирты. Они принимают участие во вкусе и аромате пива. На образование высших спиртов влияет ряд технологических факторов: используемый солод должен быть хорошо растворен, сусло, особенно если оно предназначено для быстрого брожения, должно содержать достаточно низкомолекулярных азотистых веществ, иначе образуется излишнее количество высших спиртов.

Образование высших спиртов повышает чрезмерное аэрирование сусла перед предварительным брожением или после него. При переработке заменителей солода в сусле изменяется отношение сахаров к белкам и тем самым могут создаться условия для повышенного образования высших спиртов. В этом направлении особое влияние играет добавка сахарозы.

Из альдегидов, как компонент пива, является ацетальдегид, содержание которого колеблется около 5 мг/л. Он образуется наиболее интенсивно в начале главного брожения.

К особым компонентам пива можно отнести диацетил. Он образуется в пиве, с одной стороны, при главном брожении как побочный продукт. Отрицательное влияние на вкус приписывают главным образом диацетилу и ацетоину.

Из летучих органических кислот была обнаружена уксусная кислота (около 130 мг/л) и муравьиная (около 20 мг/л).

Наконец, пиво содержит небольшое количество сернистых соединений. Это прежде всего от 2 до 16 мг/л двуокиси серы. Сернистые соединения с точки зрения вкусового значения тоже находятся в центре внимания. Речь идет главным образом о сероводороде, двуокиси серы и меркаптанах, которые оказывают отрицательное влияние на вкус пива в связи наблюдающимся иногда хлебным привкусом или привкусом зеленого пива и дрожжей. Для снижения влияния этих соединений на вкус пива рекомендуется хотя бы часть сусла аэрировать горячим и тщательно устранять грубые и тонкие взвеси из сусла.

К летучим компонентам пива относятся также сложные эфиры, которые образуются преимущественно из спиртов и кислот. Кроме фруктового запаха пива высокому содержанию эфиров предписывают более грубое впечатление, остающееся после питья пива.

Значительная часть ***экстрактивных веществ*** пива находится в коллоидном состоянии, обусловливая полноту вкуса. Количество и устойчивость пены, образуемой углекислотой, зависит от состава экстракта и главным образом от содержания в нем поверхностно-активных веществ - белков, альбумоз, хмелевых смол и кислот, высших спиртов, сложных эфиров, гуммиобразных соединений.

Экстрактивность пива в зависимости от концентрации начального сусла и степени сбраживания колеблется от 3 до 10 %. Экстракт пива представляет собой остаток несброженных веществ плюс некоторое количество органических веществ, перешедших в пиво из дрожжей во время главного брожения и дображивания.

В зависимости от вида пива (экстрактивность исходного сусла) и степени сбраживания готовое пиво содержит от 2,5 до 5 % экстрактивных веществ, среди которых преобладают сахариды (80-85 %). Следующими компонентами являются в порядке замещения азотистые вещества (от 6 до 9 %), глицерин (5-7 %), минеральные вещества (3-4 %), горькие вещества, дубильные и красящие вещества (2-3 %), органические (нелетучие) кислоты (0,7-1 %) и незначительное количество витаминов.

Среди сахаридов в пиве преобладают декстрины (от 60 до 75 %), следующими компонентами являются моносахариды, простейшие олигосахариды (от 20 до 30 %) и пентозаны (6-8 %). Пентозаны происходят из солода, в котором они образуются путем ферментативного гидролиза гемицеллюлоз при соложении. Декстрины, содержащиеся в пиве, являются продуктами неполного гидролиза солодового крахмала, катализированные α-амилазой солода.

В пиве содержится пивной экстракт как сбраживаемый, так и несбраживаемый. Кроме того, из углеводов в пиве находятся гуммивещества, пентозаны и продукты карамелизации углеводов.

Значительную часть экстракта (около 8-10 %) представляют азотистые вещества: белки, альбумозы, пептоны, амиды, аминокислоты, аммиачные соли. Их содержание в экстракте очень колеблется. Они распределяются по отдельным группам примерно следующим образом (в %): белков 20-30, альбумоз и пептонов 40-50 и конечных продуктов расщепления (полипептидов, аминокислот, аммиачного азота) 20-30.

Некоторое количество азота (примерно 10 %) входит в состав меланоидинов, холина и других веществ. Азотистые вещества влияют на вкус и пенность пива и на его небиологическую стойкость. Азотистые вещества в пиве - это гидратированные коллоиды. При старении, денатурировании и образовании адсорбционных соединений нарушается их равновесие и коллоидные частицы увеличиваются.

Степень дисперсии коллоидных частиц и их состав изменяют вкусовые свойства готового продукта. Важнейшей группой коллоидных веществ во всех степенях дисперсности являются высокомолекулярные белки - альбумины и глобулины.

Низшие продукты распада белковых веществ - простые пептиды и аминокислоты - образуют меланоидины, влияющие на вкус и цвет готового пива.

Содержание в пиве полифенольных (дубильных) веществ, горьких веществ (изогумулонов) и красителей составляет 2-3 % от экстракта. Из всех дубильных веществ (150-300 мг/л) 2/3 происходят из солода и 1/3 из хмеля. Дубильные вещества оказывают определенное влияние на вкус пива. Однако более важно их влияние на небиологическую активность пива.

Кроме дубильных веществ в группе полифенолов широко представлены антоцианогены, которым присуще наибольшее влияние на образование коллоидных помутнений в пиве. Это вещества, содержащие катехины и соединения, подобные лигнину. Вещества этого типа вместе с флавинами и каротиноидами являются одновременно красителями. Основную группу пивных красителей составляют меланоидины, образующиеся при сушке солода. Далее в качестве красителей действуют флобафены, образующиеся при окислении дубильных веществ.

Влияют на вкус дубильные вещества оболочки - полифенолы, полифенолдериваты. Они при окислении придают раздражающе горький тон вкусу пива.

Следующим компонентом экстракта пива являются ***горькие вещества.*** Они получаются из хмеля и только небольшое количество их происходит из солодовой оболочки. Определенное значение имеет процесс варки с хмелем, интенсивность кипячения и рН сусла.

Экстракт пива содержит ряд органических нелетучих кислот. Образовавшиеся в солоде и перешедшие в сусло органические кислоты - уксусная, пропионовая, виннокаменная, щавелевая, молочная и другие - повышают буферность и придают мягкий, легкий, кисловатый вкус, который не должен сильно выделятся.

Химический состав пива зависит главным образом от концентрации начального сусла, величина которого для каждого сорта пива устанавливается стандартом.

Наряду с химическим составом нужно учитывать и физико-химическое состояние составных веществ пива, которое для многих его свойств имеет решающее значение.

Декстрины, пентозаны, сложные азотистые вещества, хмелевые смолы, дубильные и красящие вещества находятся в коллоидном состоянии и имеют электрический заряд. Вкус, полнота вкуса, пенистость и стойкость пива зависят большей частью от величины или состава этих мицелл. Минеральные вещества и кислоты находятся в пиве большей частью в виде ионов, которые адсорбируются на коллоидах и оказывают влияние на их электрический заряд и гидратацию. В этом отношении Н+-ионы играют очень важную роль.

**1.2 Солод и несоложеное сырье**

**Солод** Солод – это основа будущего пива. Солод изготавливают из пророщенного и затем высушенного при определенных условиях ячменя. Наиболее важными требованиями к ячменю, используемому для солодоращения, являются хорошая прорастаемость зерна (90-95 %), достаточная крупность и выравненность, невысокая пленчатость (не более 10 % массы зерна), умеренное содержание белка (не ниже 8 и не более 12 %) и высокое содержание крахмала (до 65 %). От качества и состава ячменя в значительной степени зависят потребительские достоинства и устойчивость пива при хранении.

При сушке солода предусматривается снижение влажности и придание солоду специфического вкуса, цвета и аромата. Ростки, придающие пиву неприятный вкус, при сушке становятся хрупкими и легко удаляются. Часть высокомолекулярных белков при сушке свертывается, что в дальнейшем облегчает процесс осветления сусла и пива. Сушка происходит в специальных аппаратах - солодосушилках.

Разновидность ячменя, режимы сушки солода (продолжительность проращивания и температура) влияет на вкус пива. Существуют также пшеничный, ржаной и другие виды солода.

При проращивании образуются ферменты, которые способны превратить крахмал, содержащийся в зерне, в солодовый сахар – мальтозу.

По способу приготовления различают следующие типы ячменного солода: светлый, темный, карамельный и жженый. В зависимости от качества светлый солод делят на три класса: высокого качества, первый и второй. По качеству карамельный солод делят на два класса: первый и второй.

Темный, карамельный и жженый солод иногда называют ***специальным солодом***, который используется для приготовления темных сортов пива. Эти виды солода определяют характерный рубиновый цвет, приятный ячменно-солодовый вкус и аромат пива.

По органолептическим показателям светлый и темный солод должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 3.

Таблица 3 - Органолептические показатели солода

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование показателя  | Характеристики светлого и темного солода |
| Внешний вид | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |
| Цвет | От светло желтого до желтого. Не допускаются тона зеленоватые и темные, обусловленные плесенью |
| Запах | Солодовый, более концентрированный у темного солода. Не допускаются кислый, запах плесени и др. |
| Вкус | Солодовый, сладковатый. Не допускается посторонний привкус |

По физико-химическим показателям светлый и темный солод должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-химические показатели солода

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование  | Норма для типов солода |
| показателя | Светлого | Темного |
|  | Высокого качества | I класса | II класса |
| Проход через сито (2,2x20) мм, %, не более | 3,0 | 5,0 | 8,0 | 8,0 |
| Массовая доля сорной примеси, %, не более | Не допускается | 0,3 | 0,5 | 0,3 |
| Количество зерен, % мучнистых, не менее | 85,0 | 80,0 | 80,0 | 90,0 |
| стекловидных, не более | 3,0 | 5,0 | 10,0 | 5,0 |
| темных, не более | Не допускается | Не до-пускается | 4,0 | 10,0 |
| Массовая доля влаги (влажность), %, не более | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 5,0 |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода тонкого помола, %, не менее | 79,0 | 78,0 | 76,0 | 74,0 |
| Разница массовых долей экстрактов в сухом веществе солода тонкого и грубого помолов, % | Не более 1,5 | 1,6-2,5 | Не более 4,0 | - |
| Массовая доля белковых веществ в сухом веществе солода, %, не более | 11,5 | 11,5 | 12,0 | - |
| Отношение массовой доли растворимого белка к массовой доле белковых веществ в сухом веществе солода (число Кольбаха), % | 39-41 | - | - | - |
| Продолжительность осахаривания, мин, не более | 15 | 20 | 25 | - |
| Лабораторное сусло |  |
| Цвет, см3 раствора йода концентрацией 0,1 моль/дм3 на 100 см3 воды, не более | 0,18 | 0,20 | 0,40 | 0,50-1,30 |
| Кислотность, см3 раствора гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм3 на 100 см3 сусла | 0,9-1,1 | 0,9-1,2 | 0,9-1,3 | - |
| Прозрачность (визуально) | Прозрачное | Прозрачное | Допускается небольшая опалесценция | - |

По органолептическим показателям карамельный и жженый солод должен соответствовать требованиям, указанным в таблице 5.

Таблица 5 - Органолептические показатели солода

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование  | Характеристика солода |
| показателя | Карамельного | Жженого |
| Внешний вид | Однородная зерновая масса, не содержащая плесневелых зерен и зерновых вредителей |
| Цвет | От светло-желтого до буроватого с глянцевым отливом | Темно-коричневый. Не допускается черный |
| Запах (как самого солода, так холодной и горячей вытяжек) | Солодовый. Не допускаются: пригорелый, затхлый и плесневелый | Напоминающий запах кофе. Не допускается пригорелый |
| Вкус (как самого солода, так холодной и горячей вытяжек) | Сладковатый. Не допускаются горький и пригорелый | Кофейный. Не допускаются пригорелый и горький |
| Вид зерна на срезе | Спекшаяся коричневая масса. Не допускается обуглившаяся масса | Темно-коричневая масса. Не допускается черная масса |

По физико-химическим показателям карамельный и жженый солод должен удовлетворять требованиям, указанным в таблице 6.

Таблица 6 - Физико-химические показатели солода

|  |  |
| --- | --- |
|  | Норма для типов солода |
| Наименование  | Карамельного | Жженого |
| показателя | I класса | II клacca |
| Массовая доля влаги (влажность), %, не более | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, %, не менее | 75,0 | 70,0 | 70,0 |
| Количество карамельных зерен, %, не менее | 93,0 | 25,0 | - |
| Массовая доля сорной примеси, %, не более | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Цвет (величина Линтнера - Лн), не менее | 20,0 | 20,0 | 100,0 |

***Карамельный*** – это вид солода, широко используемый в производстве темного пива. Кроме сушки он проходит и термическую обработку, в результате которой образуются ароматические и красящие вещества, определяющие специфический вкус, аромат и цвет темного пива.

Основные сортовые особенности пива (цвет, вкус, запах, аромат) во многом зависят от качества солода и соотношения его видов в рецептуре.

Важнейшим показателем качества солода является, естественно, его поведение в процессе затирания и способность максимально расщеплять содержащиеся вещества. Солод оценивают тем выше, чем больше у него ***экстрактивности***. При этом хорошую оценку дают при достаточном растворении солода.

Важным показателем, характеризующим качество солода, является***осахаривающая способность***. Этот показатель выражается временем в минутах, которое требуется для полного осахаривания затора при 70 °С, считая с момента достижения этой температуры. При этом под осахариванием, по-видимому, понимается способность ферментов дробленых зерен ячменя расщеплять содержащийся в тех же зернах крахмал. Продолжительность осахаривания не должна превышать 25 мин.

Если продолжительность осахаривания солода значительно больше, то определяют другой показатель его качества -***амилолитическую активность***. Она характеризуется количеством грамм мальтозы, образовавшейся из растворимого крахмала под действием 100 г солода в течение 30 мин при 20 °С и рН 4,3.

**Несоложеное сырье** Кроме качества солода необходимо уделять большое внимание ассортименту и качеству перерабатываемых несоложеных материалов.

В солоде нормального качества ферментов обычно содержится больше, чем надо для того, чтобы полностью расщепить нерастворимые компоненты, в нем содержащиеся. С помощью этого избытка ферментов можно дополнительно переработать крахмал несоложеного сырья, повысив содержание сахаров в сусле.

Основной причиной использования несоложеных материалов остается стремление увеличить выход экстракта при той же засыпи дорогостоящего солода, а также желание придать определенным сортам пива оригинальный вкус.

Несоложеные материалы должны иметь высокую экстрактивность, легко перерабатываться, а также не содержать или содержать минимальное количество веществ, которые, переходя в сусло и пиво, оказывают отрицательное влияние на качество продукта.

Наиболее эффективным является использование таких зернопродуктов, как рис, ячмень, пшеница, кукуруза, сорго, изредка – овес. Переработка рисовой крупы требует больших затрат из-за необходимости проводить ее разваривание.

Чистота и соответствие требованиям на продовольственное сырье – это главные требования, предъявляемые к качеству заменителей солода.

У каждого вида несоложеного сырья свои особенности. Пшеница имеет такой же состав, как ячмень, но является более экстрактивной (содержит 70-76 % крахмала). Добавки кукурузы смягчают вкус пива, риса - придают ему более сухой вкус. Необходимо заметить, что несоложеные материалы практически всегда изменяют вкус пива, по каким бы соображениям они не добавлялись. В случае применения несоложенки сусло содержит меньшее количество азота и полифенолов.

Наиболее капризным при переработке является рис - его клейстеризованный крахмал обладает высокой вязкостью и легко пригорает. Кукурузные зерна содержат много масла - перед применением их необходимо дополнительно обрабатывать (из зерен удаляются зародыши, содержащие масло). Кукуруза большей частью используется в виде обезжиренных муки, сечки или хлопьев. Рис - в виде рисовой муки или сечки, являющейся отходом рисоочистительного производства. Рисовая сечка содержит небольшое количество жира и много крахмала, что положительно влияет на процесс ферментации.

Чтобы не пострадал вкус пива, можно заменять несоложеным ячменем не более 30 % солода (если солод среднего качества, то не более 15 %). 50 %-ная замена снизит активность α- и β-амилазы в два раза, протеаз - в полтора раза.

При дроблении несоложеных продуктов следует учитывать то, что обычному зерну, по сравнению с солодом, присуща более плотная структура. Внося несоложеный материал, необходимо учитывать различие во влажности и экстрактивности между ним и солодом.

В то же время приме­нение несоложеного сырья экономически выгодно и технологи­чески обосновано. Поэтому при приготовлении 10-11 % светло­го пива следует обязательно применять не менее 20 % несоложе­ного сырья без использования ферментных препаратов. При использовании свыше 20 % несоложеного ячменя применение ферментных препаратов обязательно.

При производстве пива «Жигулевское» допускается использо­вание сахара-сырца в количестве до 6 % массы затираемых зернопродуктов.

В настоящее время в России начали готовить пиво с использованием пшеницы («Русь», 11 % светлое и др.), дрожжей низового и верхового брожения. Действуют пивзаводы большой, средней и малой мощности, а также микро-минипивоварни с суточным выпуском 500-2000 л, оснащенные аппаратами и устройствами не только зарубежного, но и отечественного производства. Широко развивается выпуск напитков типа пива, где часть экстракт-вкусоароматического сырья заменяется на нетрадиционные виды: концентрат квасного сусла («Пикур» и др.), трава стланника («Северное»), полыни горькой («Россер»), плоды черемухи обыкновенной («Черемуховый цвет») и т.д.

**1.3 Характеристика воды** Качество воды, ее ионный состав оказывают большое влияние на формирование органолептических показателей пива. Технологическая вода должна отвечать всем требованиям, предъ­являемым к питьевой воде. Она должна быть прозрачной, бес­цветной, приятной на вкус, без запаха. Общая жесткость воды для производства пива должна быть в пределах 2-4 мг•экв/ дм3 (допускается не более 5•6 мг-экв/ дм3) и рН 6,8-7,3, окисляемость не выше 2 мг/дм3 и сухой остаток не более 600 мг/дм3.

***Жесткостью*** называют свойство природной воды, определяемое количе­ством растворенных в ней солей кальция и магния. Химическим показателем, характеризующим жест­кость воды, является суммарное содержание миллиграмм-экви­валентов ионов кальция и магния в 1 дм3 воды. Вода, содержащая в 1 дм3 до 1,5 мг•экв ионов кальция и магния, считается очень мяг­кой; 1,5•3 мг-экв — мягкой; 3•6 мг-экв — средней жесткости; 6•10 мг-экв — жесткой; свыше 10 мг•экв — очень жесткой.

Различают жесткость общую, карбонатную и некарбонатную. ***Общая жесткость воды*** обусловлена содержанием в ней общего количества ионов кальция и магния. ***Карбонатной жесткостью***воды называют жесткость, которая характеризуется наличием в воде гидрокарбонатов кальция и магния. При кипячении они пре­вращаются в карбонаты и выпадают в осадок. ***Некарбонатная жес­ткость***объясняется наличием в воде хлоридов, сульфатов и дру­гих солей кальция и магния, которые при кипячении в осадок не выпадают. Общая жесткость равна сумме карбонатной и некарбо­натной жесткости. Один миллиграмм-эквивалент (1 мг•экв.) жес­ткости соответствует содержанию в 1 дм3 воды 20,04 мг иона каль­ция или 12,16 мг иона магния.

***Щелочность*** характеризует способность во­ды связывать кислоты и выражается количеством в 1 дм3 воды миллиграмм-эквивалентов ионов ОН-; СО32-; НСО- и неко­торых других анионов слабых кислот, реагирующих с сильными кислотами.

***Окисляемостью***воды называют способность веществ, содержа­щихся в воде, реагировать с окислителями. Величину окисляемос­ти выражают количеством миллиграммов кислорода, которое не­обходимо для окисления веществ, содержащихся в 1 дм3 воды. Окисляемость характеризует степень загрязнения воды органичес­кими веществами.

Для спиртового производства нежелательна вода с высокими карбонатными жесткостью и щелочностью. Процессы водно-теп­ловой обработки, осахаривания и спиртового брожения протекают быстрее и полнее в кислой среде при рН 5,0-5,5. Нейтральная и слабощелочная реакции способствуют развитию кислотообразую­щих бактерий.

Высокая карбонатная жесткость воды, используемой для зама­чивания зерна при приготовлении солода, задерживает прораста­ние зерна, а применение такой воды при приготовлении солодово­го молока снижает активность амилолитических ферментов.

На спиртовых заводах при высокой бактериальной загряз­ненности воду обеззараживают хлорной известью или газо­образным хлором.

***Для светлых сортов пива*** требуется очень мягкая вода общей жесткостью до 1-1,5 мг•экв/дм3. Содержание в воде ионов ка­лия, натрия, сульфатов, хлоридов и других катионов и анионов не должно превышать их пороговых концентраций, т.е. тех мини­мальных количеств, при которых становится ощутимым их влия­ние на вкус.

Ионный состав воды не должен повышать рН производствен­ных сред, в которых протекают биологические процессы. Для ха­рактеристики этого свойства воды надежным критерием является - отношение ионов кальция к общей щелочности воды, которое должно быть не ниже 1. Соотношение ионов кальция и магния — 1:1-3:1.

Вода должна быть безопасна в экологическом отношении и безвредна по химическому составу.

**Способы водоподготовки.** Если вода не отвечает необходимым требованиям, ее подвергают соответствующей подготовке для удаления нежела­тельных примесей.

Жесткость воды и ее солевой состав можно регулировать. Для этого применяют различные ***способы водоподготовки***: реагентный, ионообмен­ный, электродиализный и мембранный, основанный на принци­пе обратного осмоса. Для удаления неприятного запаха воду дезодорируют путем пропускания через колонку, заполненную активированным углем.

С целью улучшения качества воды применя­ют следующие основные способы ее подготовки: отстаивание и фильтрование, коагуляцию, дезодорирование, обезжелезивание, умягчение, деминерализацию и обеззараживание.

Для освобождения воды от взве­шенных частиц ее подвергают ***отстаиванию*** или ***фильтрованию***. Отстаивание осуществляют в резервуарах. Более распространен­ным способом освобождения от взвешенных частиц является фильтрование. В качестве фильтрующих материалов применяют дробленый антрацит, гравий, кварцевый песок.

Вода может быть загрязнена минеральными и органическими примесями в коллоидно-дисперсном состоянии, которые не задерживаются при фильтровании. Наиболее типич­ными из этих примесей являются кремниевая кислота, ее соли и гуминовые вещества. В этом случае воду обрабатывают вещества­ми, которые вызывают укрупнение коллоидных частиц и выпаде­ние их в осадок. Такой процесс называется ***коагуляцией,*** а приме­няемые для коагуляции вещества — ***коагулянтами.***

В качестве коагулянтов применяют сульфаты алюминия и же­леза. В водном растворе сульфат алюминия подвергается гидроли­зу с образованием гидроксида алюминия и серной кислоты:

Положительно заряженные ионы гидроксида алюминия сни­жают электрический потенциал, создаваемый отрицательно заря­женными коллоидными частицами кремниевой кислоты и гуми-новых веществ, содержащихся в воде, в результате чего происхо­дит их коагуляция.

Хлопья гидроксида алюминия и скоагулированные коллоиды имеют сильно развитую поверхность, способную сорбировать растворимые органические вещества, благодаря чему вода обес­цвечивается и освобождается от неприятного привкуса.

Коагуляция гидроксидом железа по сравнению с коагуля­цией гидроксидом алюминия протекает быстрее, так как гид-роксид железа имеет плотность в 1,5 раза больше, чем гидроксид алюминия.

Для ускорения процесса коагуляции и снижения расходов коагулянтов к воде добавляют вещества, называемые ***флокулянтами,***одним из которых является полиакриламид. Коагуляцию при­месей воды проводят в резервуарах с мешалкой. Обработанную коагулянтом воду подвергают фильтрованию.

***Обезжелезивание.*** Вода со значительным содержанием железа имеет неприятные вкус и запах. Железо выпадает в осадок. Для его устранения предусматривается фильтрование воды через фильтры с кварцевой загрузкой без добавления реагентов или с дополнительной обработкой кварцевого песка модифициру­ющими реагентами.

Безреагентный способ основан на особенности воды, содер­жащей соединения железа и растворенный кислород, при фильт­ровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен с образованием каталитической пленки из оксидов двух- и трехвалентного железа. Эта пленка активно интенсифицирует процесс окисления и выделения из воды трехвалентного железа, задерживаемого фильтром в виде гидроксида железа. Данный способ обезжелезивания рекомендуется применять при общем содержании железа до 10 мг/дм3, в том числе трехвалентного не менее 50 %, при окисляемости 6-7 мг О2/дм3 и щелочности больше единицы.

Если безреагентный способ не дает желаемых результатов, то кварцевый песок дополнительно обрабатывают модифицирующи­ми реагентами. Сущность обработки заключается в нанесении на поверхность кварцевого песка пленки из гидроксида железа, ди­оксида железа и диоксида марганца, катализирующих процесс обезжелезивания воды. Для обезжелезивания воды используются песочные фильтры ШЗ-ВФА и фильтры «Аква-электроника».

Обработка воды, устраняющая неприятные запа­хи и привкусы, обусловленные различными примесями, называ­ется ***дезодорацией.***Самые распространенные способы дезодора­ции воды — озонирование и обработка активным углем. При об­работке воды путем фильтрования через слой активного угля уст­раняются запах и привкусы воды, снижаются ее цветность и окисляемость.

**Умягчение.** Наиболее распространенный способ умягчения воды — ионообменный. При этом способе достигается не толь­ко умягчение, но и удаление нежелательных примесей. Метод основан на способности некоторых труднорастворимых веществ поглощать из растворов одни катионы или анионы и отдавать взамен другие. К ионитам относятся цеолиты, глауконит, орга­нические вещества в виде синтетических смол и сульфитиро-ванные угли.

По характеру активных групп иониты подразделяют на ка-тиониты и аниониты. Катеониты имеют кислотный характер и обладают способностью обменивать ионы водорода или другие положительно заряженные ионы на ионы металлов (катионы). Аниониты имеют основной характер и способны обменивать гид-роксильные ионы или другие отрицательно заряженные ионы на кислотные остатки (анионы).

В практике очистки воды часто используют Н+- и №+-кати-ониты. В зависимости от катиона этот процесс называют Н-ка-тионированием и №-катионированием. При Н+-катионировании повышается кислотность воды, а при №+-катионировании увели­чивается щелочность фильтрата, если в исходной воде содержа­лась карбонатная жесткость. Это объясняется тем, что при такой обработке воды образовавшийся гидрокарбонат натрия гидроли-зуется с образованием гидроксида натрия.

**1.4 Хмель и хмелепродукты**

Хмель относится к традиционному и наиболее дорогостоящему сырье пивоваренного производства. Хмель - вьющееся двудомное многолетнее растение, достигающее 5-8 м в длину, относящееся к семейству **коноплевых**. Хмель придает пиву специфический горький вкус и аромат, способствует удале­нию из сусла некоторых белков, повышает пеностойкость пива, служит антисептиком так как подавляет жизнедеятельность контаминирующей микрофлоры. Экстрактивные вещества хмеля, содержащиеся в пиве, оказывают успокаивающее, болеутоляющее и даже дезинфицирующее действие.

Различают два основных ***вида хмеля***: горь­кий и ароматический. В пивоварении в основном используют женские соцветия ароматического хмеля.

Горькие сорта добавляют в начале варки. В середине или ближе к концу добавляют ароматические сорта. К горьким сортам относятся, например, Hallertauer Magnum, Nugget. Ароматический хмель – это Perle, Spalter Select. Некоторые сорта можно использовать как для придания горечи, так и для ароматизации пива. К таким сортам относятся Nothern Brewer и Brewers Gold.

Ко времени созревания хмеля на внутренних стерженьках шишек развиваются желто-зеленые клейкие шарики – зернышки ***лупулина,*** диаметр которых составляет 0,15-0,25 мм. Лупулин - ароматическое вещество, придающее пиву своеобразную горечь, благодаря эфирному хмелевому маслу.

Для пивоварения выращивают сорта хмеля, относящиеся к виду хмеля обыкновенного (Humulus lupulis L.), а в производстве используют только шишки. Производство хмеля сосредоточено главным образом на Украине (70 %). Наиболее распространены сорта Клон 18, Житомирский, Полесский, Сильный, Урожайный.

В состав хмеля входят арома­тические и горькие вещества. Горькие хмелевые вещества включают α- и β-кислоты, мягкие α-, β- и твердые смолы. Содержание α-кислот в зависимости от сорта хмеля может достигать 16 %. Наиболее ценные для пиво­варения производные α-кислот — ***изосоединения*** - обеспечивают около 90 % горечи пива.

Ароматические вещества представлены в основном эфирным маслом в количестве от 0,3 до 2 %. Оно представлено смесью ароматических углеводородов и терпенов, играет определенную роль в образовании аромата пива, несмотря на то, что в процессе кипячения сусла большая часть эфирного масла улетучивается.

Важная составная часть хмеля — ***дубильные вещества***, содержание кото­рых достигает 3 %.

По назначению хмель разделяют на **две группы**: **тонкие сорта** с количеством горьких веществ примерно 15 % и α-кислот (от 3 до 5 %) и **грубые сорта** с содержанием горьких веществ более 20 %. Тонкие сорта применяются для изготовления пива по классической тех­нологии, Грубые сорта предназначены для производства порошков, гранул и экстрактов. В пивоварении используют высушенные хмелевые шишки, молотый, гранулированный или брикетированный хмель, а также различные хмелевые экстракты, использование которых способствует снижению потерь и улучшению качества пива.

На качество хмеля влияет такой внешний признак как целостность шишек, от чего зависит содержание в них лупулина. Хмель не должен быть перезрелым, с открытыми шишками, у которых высыпаются семена. Собирать хмелевые шишки необходимо с черенками для того, чтобы сохранить их целостность.

Согласно ГОСТ 21947—76 хмель, поступающий на завод, должен содержать в пересчете на абсолютно сухое вещество α-кислоты не менее 2,5 %, золы не более 14 %, иметь влажность не выше 13 и не ниже 11 %.

К хмелепродуктам относится брикетированный хмель, гранулированный, экстракты и комбинированные препараты хмеля. На мировом рынке примерно 30 % продаж занимает гранулированный хмель, 30 % – экстракт хмеля, и только 40 % натурального шишкового хмеля.

Хмель и хмелепродукты следует хранить в сухом, темном и охлажденном помещении с температурой от 0 до 2 оС и относи­тельной влажностью воздуха не выше 70 %.

**Оценка качества хмеля**

Оценка качества хмеля осуществляется путем ручной оценки качества (бонитировки) хмеля в шишках и определения содержания в хмеле и хмелепродуктах горьких веществ.

В соответствии со стандартным методом ***Научной комиссии Европейского бюро по производству хмеля*** по положительным свойствам хмеля дается оценка до +100 баллов и по снижающим качество свойствам дается оценка до -30 баллов.

Таким образом, оценивают:

***Качество сбора (+1 - +5 баллов)***

Хмель должен быть хорошо вычесан, без загрязнений, стеблей и листьев.

***Высушенность (+1 - +5 баллов)***

При сжатии шишка не должна склеиваться или рассыпаться; стерженек не должен ломаться.

***Цвет и блеск (+1 - +15 баллов)***

Цвет должен быть желтовато-зеленым, а блеск - шелковисто-блестящим.

***Размер шишек (+1 - +15 баллов)***

Желательно, чтобы шишки были равномерно крупные, закрытые; у ароматических сортов стрежень должен быть выражено суставчатым и густо покрытым волосками. Плотно закрытые шишки позволяют сделать вывод о достаточном созревании и бережной сушке. Это препятствует выпадению зернышек лупулина.

***Лупулин (+1 - +30 баллов)***

Содержание лупулина должно быть как можно более высоким (+1 - +15 баллов). Зернышки лупулина должны иметь окраску от лимонно-желтой до золотисто-желтой, быть блестящими и клейкими.

При оценке качества хмеля качество лупулина является для пивовара важнейшими показателем.

***Аромат (+1 - +30 баллов)***

Аромат должен быть чистым, очень тонким и очень устойчивым. Каждый тип и сорт хмеля обладает собственным ароматом.

***Болезни, вредители, семена (0 - -15 баллов)***

Сюда относятся повреждения пероноспорой, чернота (тля, лежалость (клещ патинный), красный кончик лепестка (галлица), наличие отмерших шишек, листьев и семян (семянность), а также прорастание листьев и шишек.

***Неправильная обработка (0 - -15 баллов)***

К признакам неправильной обработки относят коричневый или пережженный лупулин из-за слишком высокой температуры сушки, прорастание семян из-за избыточной влажности, сильное разрыхление шишки, наличие пятен от опрыскивания и посторонние запахи.

Общая оценка хмеля производится в зависимости от общего количества баллов следующим образом:

до 60 баллов - плохой хмель;

от 60 до 66 баллов - средний;

от 67 до 73 баллов - хороший;

от 74 до 79 баллов - очень хороший;

80 баллов и выше - отборный.

**Свойства ксантогумола хмеля**

Хмель содержит ксантогумол (0,3 до 1,1 % от массы сухого вещества). Между содержанием ксантогумола и α-горьких кислот была обнаружено положительное соотношение.

Ксантогумол относится к группе хмелевых полифенолов ряда халконов. Он занимает центральное место в группе веществ, называемых пренил-флавоноидами. Так как при биосинтезе он секретируется вместе с хмелевыми смолами и эфирными маслами в лупулиновые железы, ксантогумул - нечто переходное между хмелевыми смолами и полифенолами.

С хмелевыми смолами у этого вещества есть и другие общие свойства, например, изомеризация в процессе кипячения сусла с хмелем или экстрагирование органическими растворителями при аналитических тестах. К настоящему времени в хмеле было выделено девять пренил-флавоноидов.

Кроме ксантогумола, составляющего от 80 до 90 % пренил-флаваноидов в хмеле, к менее существенным составляющим относятся десметилксантогумол (от 2 до 3 %), дегидроциклоксантогумол (от 2 до 4 %) и дегидроциклоксантогумол-гидрат (от 3 до 6 %). Остальные пренил-флаваноиды встречаются в хмеле в незначительных количествах.

Содержание ксантогумола в разных сортах хмеля непосредственно после урожая колеблется в пределах 0,2-1,1 % от массы. В процессе старения хмеля флаваноиды утрачиваются. Хансель и Шульд констатировали 50 %-ную утрату ксантогумола в течение шести месяцев хранения, однако продукты его распада ими не изучались.

Содержание пренил-флаваноидов значительно меняется при переработке хмеля на хмелепродукты, прежде всего на хмелевой экстракт. При производстве этанольного экстракта в нем остается минимум 90 % пренил-флаваноидов хмеля. При экстракции углекислым газом он остается в отходах хмеля.

Растворимость ксантогумола в воде -1,3 мл/л при 8 °С, в 5 % этанола - 3,5 мг/л и в пиве при температуре 8 °С - 4 мг/л. ***При кипячении сусла*** он изомеризуется на изоксантогумол. Остальные пренил-флаваноиды изомеризуются на пренил-нарингенины и геранил-нарингенины. При производстве пива, однако, происходят значительные потери пренил-флаваноидов. Кроме ограниченной растворимости, существенной причиной потерь является адсорбция на грубых и мелких частицах (18-26 %) и пивоваренных дрожжах (11-32 %). Дальнейшие потери происходят при фильтрации и стабилизации пива, в результате чего общее содержание пренил-флаваноидов, согласно Фостеру, может снизиться всего до 10 %.

Пренил-флаваноиды хмеля в последнее время являются центром внимания медицинских исследований, так как у них были обнаружены значительные ***антиоксидантные, противовоспалительные, антивирусные и антиканцерогенные свойства***. Например, ксантогумол и дегидроциклоксантогумол, как оказалось, активируют действие хинонредуктазы. Этот фермент предохраняет клетки от токсического действия ксенобиотиков тем, что изменяет хиноны на гидрохиноны, которые в организмах млекопитающих легче распадаются.

У изоксантогумола и 8-пренилнарингенина были обнаружены ингибирующие свойства на энзимы цитохрома Р450, активирующие действие разных канцерогенов. Тобе и др. установили, что костная ресорбция в значительной степени подавляется некоторыми веществами хмеля, прежде всего ксантогумолом и гумулоном. Данные соединения одновременно считаются перспективными терапевтическими средствами против ***остеопороза***.

Антиоксидантные свойтсва пренил-флаваноидов проявляются в подавлении окисления липопротеинов «low density», в результате чего снижается риск возникновения ***сердечно-сосудистых заболеваний***. Цитотоксическое действие ксантогумола, дегидроксантогумола и изо-ксантогумола на ***раковые клетки*** разных органов человека было отмечено для концентраций от 0,1 до 100 мкМ. Учитывая это, можно ожидать, что количество хмеля, используемого не для нужд пивоваренной промышленности, в будущем будет расти.

**1.5 Ферментные препараты**

При использовании большого объема несоложеного сырья (более 20 % либо солода невысокого качества) необходимоиспользовать **ферментные препараты** обычно в количестве от 0,001 до 0,075 % к массе перерабатываемого сырья.

Применяют амилолитические (Амилосубтилин П10х, Амилоризин Пх и др.), протеолитические (Протосубтилин Г10х, Протосубтилин Г20х, Проторизин П25х и др.), цитолитические (Цитороземин П10х, Целлоконингин П10х, Пектофоетидин П10х, Целлолигнорин П10х и др.) ферментные препараты, а также их смеси в виде мультиэнзимных композиций.

***Амилолитические препараты*** применяют при затирании при повышенном количестве несоложеного сырья и низком качестве исходного сусла. Они существенно повышают выход экстракта и улучшают качество сусла.

***Протеолитические ферментные препараты*** используют при повышенных количест­вах несоложеного сырья и для улучшения качества сусла из некачественных солодов, а также для ликвидации коллоидных помутнений в пиве.

***Цитолитические препараты*** повышают выход экстракта за счет гидролиза некрахмальных полисахаридов, в основном гемицеллюлозы. Одновременно повышаются качество сусла и стойкость пива.

Последние состоят из препаратов бактериального и грибного происхождения были созданы на основе разработок Харьковского филиала НПО напитков и минеральных вод, ВНИИбиотехники, Московского государственного университета пищевых производств Московским заводом ферментных препаратов в конце семидесятых годов прошлого века. Применение этих композициий позволило использовать при производстве пивного сусла до 50 % несоложеного сырья, что является одним из резервов интенсификации пивоваренного производства и снижения материалоемкости продукции. Активность этих препаратов превосходит активность ферментов солода по осахаривающей способности в 3-4 раза, по разжижающей - в 8-10 раз, по декстринирующей - в 10-20, по протеолитической - в 15-20 раз.

Опыт использования в пивоваренной промышленности МЭК свидетельствует о том, что создание широкого набора эффективных мультиэнзимных композиций способствует успешной переработке повышенных количеств несоложеного сырья при получении пивного сусла.

Среди наиболее известных производителей ферментных препаратов, представленных на отечественном рынке, также можно назвать компании "Novozymes" (Дания), "Quest International BV" (Голландия), "Gistbrocades" (Англия).

Лабораторная работа № 1

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЯЧМЕНЯ КАК СЫРЬЯ ДЛЯ**

**ПИВОВАРЕННОГО И СПИРТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Цель работы**: изучить методики определения органолептических и физико-химических показателей качества ячменя, используемого в пивоварении и в спиртовом производстве.

Ячмень, поставляемый для пивоварения (ГОСТ 5060-86) и ячмень для переработки на солод в спиртовом производстве (ГОСТ 7510-82) должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 7.

Таблица 7 – Органолептические и физико-химические показатели качества ячменя, поставляемого

для пивоварения и переработки на солод в спиртовом производстве

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателя | Норма для класса ячменя, поставляемого для пивоварения | Норма для ячменя для переработки на солод в спиртовом производстве |
| первого | второго |
| Цвет | Светло-желтый или желтый | Светло-желтый, желтый или серовато-желтый | Свойственный нормальному зерну ячменя, допускается потемневший |
| Запах | Свойственный нормальному зерну ячменя (без затхлого, солодового, плесневого и без посторонних запахов) |
| Состояние | Здоровый, негреющийся |
| Влажность, %, не более | 15,0 | 15,5 | 15,5 |
| Белок, %, не более | 12,0 | 12,0 | - |
| Натура, г/л, не менее | - | - | 570 |
| Сорная примесь, %, не более | 1,0 | 2,0 | 2,0 |
|  в том числе: |  |  |  |
|  минеральная примесь - | - | - | 0,2 |
|  в числе минеральной примеси: |  |  |  |
| галька | - | - | 0,1 |
| шлак, руда | - | - | 0,05 |
|  куколь | - | - | 0,3 |
|  вредная примесь - | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
|  в числе вредной примеси гелиотроп опушенноплодный и  триходесма седая | Не допускаются |
| Зерновая примесь, %, не более | 2,0 | 5,0 | 3,0 |
| Мелкие зерна, %, не более | 5,0 | 7,0 | 5,0 |
| Крупность, %, не менее | 85,0 | 60,0 | - |
| Способность прорастания, %, не менее (для ячменя для пивоварения, поставляемого не ранее чем за 45 дней после его уборки) | 95,0 | 90,0 | 92,0 |
| Жизнеспособность, %, не менее (для ячменя для пивоварения, поставляемого не ранее чем за 45 дней после его уборки) | 95,0 | 95,0 | - |
| Зараженность вредителями | Не допускается, кроме зараженности клещом не выше I степени |

Примечание к таблице 7. Потемневшим считают ячмень, потерявший под влиянием неблагоприятных условий уборки или хранения свой естественный цвет или имеющий потемневшие концы.

**Основное зерно, сорная и зерновая примеси ячменя пивоваренного:**

***К основному зерну*** относят зерна ячменя, по характеру повреждений не относящиеся к сорной и зерновой примесям, а также мелкие зерна ячменя.

***К сорной примеси*** относят:

весь проход, полученный при просеивании навески зерна через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм;

в остатке на сите с отверстиями диаметром 1,5 мм:

***минеральную примесь*** – гальку, комочки земли, частицы шлака, руды и т.п.;

***органическую примесь*** – части стеблей и стержней колоса, ости, пленки и т.п.;

семена дикорастущих растений;

семена культурных растений, не отнесенные к зерновой примеси;

испорченные зерна ячменя, пшеницы, полбы, ржи и овса: загнившие, заплесневевшие, поджаренные, обуглившиеся – все с испорченным эндоспермом от коричневого до черного цвета, а также со светлым, но рыхлым, легко рассыпающимся эндоспермом;

зерна ячменя пшеницы, полбы, ржи и овса с полностью выеденным эндоспермом;

***вредную примесь*** – спорынью, головню, зерна, пораженные нематодой, плевел опьяняющий, горчак ползучий, софору лисохвостную, термопсис ланцетный (мышатник), вязель разноцветный, гелиотроп опушенноплодный, триходесму седую.

***К зерновой примеси*** относят зерна ячменя:

битые и изъеденные независимо от характера и размера повреждений, давленые, с нарушенной оболочкой и открытым эндоспермом;

недозрелые: сильно недоразвитые – щуплые, а также зеленые деформирующиеся при надавливании шпателем;

проросшие – с вышедшим наружу корешком или ростком;

поврежденные самосогреванием или сушкой, с измененным цветом оболочки и эндоспермом от кремового до светло-коричневого цвета.

***К зерновой примеси*** относят также зерна пшеницы, полбы, ржи и овса целые и поврежденные, не отнесенные по характеру повреждений к сорной примеси.

***К мелким*** относят зерна ячменя, проходящие через сито с продолговатыми отверстиями размером 2,2x20 мм.

**Основное зерно, сорная и зерновая примеси ячменя для переработки на солод в спиртовом производстве:**

***К основному зерну*** относят целые зерна ячменя, включая зеленые (не отнесенные к зерновой примеси) и голозерный ячмень, а также поврежденные, по характеру повреждений и выполненности не относящиеся к сорной или зерновой примеси.

***К сорной примеси*** относят:

весь проход, полученный при просеивании навески зерна через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм;

в остатке на сите с отверстиями диаметром 1,5 мм:

***минеральную примесь*** – гальку, комочки земли, частицы шлака, руды и т.п.;

***органическую примесь*** – части стеблей и стержней колоса, ости, пленки и т.п.;

семена дикорастущих растений;

семена культурных растений, не отнесенные к зерновой примеси;

испорченные зерна ячменя, пшеницы, полбы, ржи и овса: загнившие, заплесневевшие, поджаренные, обуглившиеся – все с испорченным эндоспермом от коричневого до черного цвета, а также со светлым, но рыхлым, легко рассыпающимся эндоспермом;

зерна ячменя пшеницы, полбы, ржи и овса с полностью выеденным эндоспермом;

***вредную примесь*** – спорынью, головню, зерна, пораженные нематодой, плевел опьяняющий, горчак ползучий, софору лисохвостную, термопсис ланцетный (мышатник), вязель разноцветный, гелиотроп опушенноплодный, триходесму седую.

***К зерновой примеси*** относят зерна ячменя:

битые и изъеденные независимо от характера и размера повреждений, давленые, в количестве 50 % их массы (остальные 50 % относят к основному зерну);

давленые; недозрелые: сильно недоразвитые – щуплые, а также зеленые деформирующиеся при надавливании шпателем;

проросшие – с вышедшим наружу корешком или ростком;

поврежденные самосогреванием или сушкой, с измененным цветом оболочки и затронутым эндоспермом от кремового до светло-коричневого цвета.

***К зерновой примеси*** относят также зерна пшеницы, полбы, ржи и овса целые и поврежденные, не отнесенные по характеру повреждений к сорной примеси.

***К мелким*** относят зерна ячменя, проходящие через сито с продолговатыми отверстиями размером 2,2x20 мм, относимые к основному зерну.

**Определение содержания мелких зерен и крупности**

Из средней пробы зерна, освобожденной от крупной сорной примеси (выделенной из схода сита с отверстиями 6 мм) выделяют навеску массой 50 г. Взвешивание проводят с точностью до первого десятичного знака.

Навеску просеивают на комплекте лабораторных сит ***для ячменя пивоваренного:*** поддон, сито для выделения прохода, относимого к сорной примеси (диаметр 1,5 мм); сито для определения мелкого зерна (2,2x20 мм); сито для определения крупности (2,5x20 мм).

Навеску просеивают на комплекте лабораторных сит ***для ячменя для переработки на солод в спиртовом производстве:*** поддон, сито для выделения прохода, относимого к сорной примеси (диаметр 1,5 мм); сито для определения мелкого зерна (2,2x20 мм).

Комплект сит помещают на деревянную гладкую и ровную поверхность или стекло и просеивают равномерными возвратно-поступательными движениями (по направлению продольной оси продолговатых отверстий сит) без встряхиваний. При просеивании размах колебаний сит должен быть около 10 см, а продолжительность просеивания должна составлять 3 мин при 110-120 движениях в минуту.

Сходы с сит, установленных для определения крупности, и проход через сито, установленное для определения мелкого зерна, вручную освобождают от сорной и зерновой примесей, и очищенное зерно взвешивают с точностью до второго десятичного знака.

***Содержание мелкого зерна или крупности*** Xм, %, вычисляют по формуле

 , (1)

где mм – масса фракций мелкого зерна или масса зерна в сходе с сита, установленного для определения крупности, г;

m1 – масса зерна, оставшаяся после выделения из навески сорной и зерновой примесей, г.

Вычисления проводят до второго десятичного знака с последующим округлением результата до первого десятичного знака.

**Определение жизнеспособности семян окрашиванием их**

**индигокармином и кислым фуксином**

(ГОСТ 12039-82. Семена сельскохозяйственных культур.

Методы определения жизнеспособности)

Метод основан на том, что живая плазма клеток зародыша непроницаема для раствора индигокармина, кислого фуксина и других анилиновых красителей, тогда как мертвая легко их пропускает и окрашивается. Метод применяют для получения быстрой информации о качестве семян, когда семена находятся в состоянии покоя или требуют длительного срока проращивания, и при оценке набухших, но непроросших семян после завершения установленного срока проращивания.

Проведение анализа

Определение жизнеспособности проводят по двум пробам по 100 семян в каждой, отобранным из семян основной культуры, выделенных по ГОСТ 12037-81.

Семена замачивают в воде в течение 15-18 ч (на ночь) при температуре 20 оС, а свежеубранные семена – при температуре 10-15 оС в течение такого же времени. Допускается предварительно не замачивать семена, которые легко разрезаются, а также изменять срок замачивания семян.

Затем острым лезвием каждое семя разрезают на две половинки. Поверхность должна быть ровной. Для этого разрез делают скользящим движением лезвия, начиная с зародыша. Каждую подготовленную сотню половинок семян (из двух проб по 100 семян) промывают несколько раз водой, чтобы удалить остатки разрушенных тканей с поверхности среза. Другая сотня половинок семян аннулируется. Промытые половинки заливают 0,1 %-ным раствором индигокармина или кислого фуксина так, чтобы они полностью были покрыты раствором, причем стаканчики осторожно встряхивают, чтобы раствор проник к срезам. Окрашивание семян ячменя в растворе индигокармина или кислого фуксина проводят в течение 10-15 мин.

После окрашивания раствор сливают, половинки семян несколько раз промывают водой до исчезновения краски в промывной воде, раскладывают на фильтровальную бумагу и просматривают.

**К жизнеспособным** относят половинки семян с неокрашенным зародышем, а также со слабоокрашенным кончиком корешка зародыша и слабо окрашенными пятнами на корешках и семядолях.

**К нежизнеспособным** относят половинки семян или целые семена с окрашенным зародышем, а также с интенсивно окрашенными большими пятнами на зародыше (корешках и семядолях). Жизнеспособность семян вычисляют в процентах. За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов анализа двух проб.

**Определение энергии прорастания и способности**

**прорастания ячменя (ГОСТ 10968 -88)**

Под ***энергией прорастания*** понимают отношение количества зерен, проросших за 72 ч, к общему количеству анализируемых зерен, выраженное в процентах.

Под ***способностью прорастания*** понимают отношение количества зерен, проросших за 120 ч, к общему количеству анализируемых зерен, выраженное в процентах.

Из средней пробы выделяют 50±1 г зерна. Из выделенного зерна отбирают две аналитические пробы по 500 целых зерен, не отне­сенных стандартом по характеру повреждений к сорной и зерновой примесям.

На конец стеклянной воронки надевают резиновую трубку с зажимом. В отверстие воронки помещают стеклянный шарик или согнутую под углом стеклянную палочку во избежание проскакивания зерна. Воронку закрепляют в держателе штатива.

Определение проводят в лаборатории при температуре (20±2) °С.

Каждую аналитическую пробу помещают в воронку, закрывают зажим на резиновой трубке и зерно в воронке заливают водой температурой (20±2) °С так, чтобы уровень воды был на 1,5-2,0 см выше поверхности зерна.

При температуре в лаборатории выше 22 °С зерно в воронке во избежание заплесневения заливают 0,03 %-ным раствором хлорной извести. Зерно в воронке перемешивают стеклянной палочкой, чтобы дать возможность осесть всплыв­шим зернам.

Через 4 ч зажим открывают и сливают из воронки воду или раствор хлорной извести. Зерно, замоченное в хлорной извести, промывают (3-4 раза). После слива воды зерно на 16-18 ч оставляют в воронке с открытым зажимом. При этом во избежание подсыхания зерна воронку накрывают стеклянной крышкой с влажной фильтровальной бумагой на внутренней стороне.

Через 16-18 ч зажим закрывают, зерно в воронке заливают водой на 4 ч. Спустя 4 ч зажим открывают, воду сливают, а воронку с зерном накрывают стеклянной крышкой с влажной фильт­ровальной бумагой на внутренней стороне и оставляют на 22-24 ч.

Через 48 ч после начала определения зажим закрывают, зерно в воронке заливают водой и осторожно перемешивают стеклянной палочкой. Затем зажим открывают, воду сливают, а зерно оставляют в воронке под стеклянной крышкой с влажной фильтровальной бумагой на внутренней стороне до конца проращивания, т.е. на 24 ч (при определении энергии прорастания) или на 72 ч (при определении способности прорастания). Зерно по мере подсыхания увлажняют, заполняя воронку с зерном водой при открытом зажиме. Одновременно увлажняют и фильтровальную бумагу.

При определении энергии прорастания зерно через 72 ч после начала определения из воронки высыпают на разборную доску и подсчитывают количество непроросших зерен.

К ***непроросшим*** относят ***зерна*** с невышедшими за пределы покровов зерна ростками и (или) корешками.

При определении энергии прорастания и одновременно способности прорастания подсчиты­вают зерна, не проросшие за 72 ч, которые снова помещают в воронку, заливают водой при открытом зажиме и оставляют еще на 48 ч под стеклянной крышкой.

Через 120 ч после начала определения подсчитывают количество непроросших зерен для определения способности прорастания.

Энергию прорастания зерна каждой аналитической пробы X, %, вычисляют по формуле

 , (2)

где n - количество зерен, не проросших за 72 ч, шт.; 500 — количество зерен в аналитической пробе, шт.

Способность прорастания зерна каждой аналитической пробы Х1, %, рассчитывают по формуле

 , (3)

где n1 — количество зерен, не проросших за 120 ч, шт.

Энергию прорастания и способность прорастания зерна каждой аналитической пробы вычисляют до первого десятичного знака.

За окончательный результат энергии и способности прорастания принимают среднее арифметическое результатов определений двух аналитических проб.

Окончательный результат энергии и способности прорастания вычисляют до первого десятичного знака с последующим округлением результата до целого числа.

При контрольном определении за окончательный результат определения принимают результат первоначального определения, если расхождение между результатами первоначального и контроль­ного определений не превышает допускаемую норму, устанавливаемую по результату контрольного определения. Если расхождение превышает допускаемую норму, то за окончательный результат принимают результат контрольного определения.

Контрольные вопросы.

1. Назовите типы пива, дайте им характеристику.

2. В чем заключается сущность балловой оценки качества пива?

3. Как правильно проводить дегустацию пива?

4. Чем интересен химический состав пива?

5. Каковы отличия органолептических и физико-химических показателей светлого и темного солода, карамельного и жженого солода?

6. Какие виды несоложеного сырья применяют в пивоварении?

7. Какие требования предъявляют к качеству воды для приготовления пива?

8. В чем отличия тонких и грубых сортов хмеля?

9. Как производится оценка качества хмеля?

10. Каково назначение применяемых в производстве пива ферментных препаратов?

11. Каковы требования, предъявляемые к качеству ячменя, используемого для получения солода?

12. В чем состоит сущность определения жизнеспособности семян ячменя?

13. Как производится оценка качества хмеля?

14. Как определить энергию прорастания и способность прорастания ячменя?

**2 ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ПИВОВАРЕННОГО**

**ПРОИЗВОДСТВА**

**2.1 Технологическая схема производства пива**

Последовательность технологических процессов производства пива представлена на рисунках 1 и 2.

Выделяют следующие основные стадии: очистка и дробление зернопродуктов, приготовление пивного сусла (затирание, фильтрование затора, кипячение сусла с хмелем, осветление и охлаждение сусла), сбраживание пивного сусла дрожжами, дображивание и созревание пива, осветление и розлив готового пива.

**2.2 Подработка и дробление солода и несоложеного сырья**

Основная цель дробления солода и несоложеного сырья — облегчение и ускорение физических и биохимических процессов растворения зерна для обеспечения максимального перехода экстрактивных веществ в сусло.

**Подработка зернопродуктов** При хранении и транспортирова­нии возможно загрязнение солода и несоложеного сырья. Поэтому перед измельчением их очищают от посторонних примесей (мелких камешков и металлических предметов).

Для уда­ления пыли и остатков ростков солод пропускают через полиро­вочную машину. Несоложеное сырье от крупных и мелких органических примесей очищают с помощью воздушно-ситового сепаратора, от мине­ральных примесей с помощью камнеотделительной машине. Для удаления металломагнитных примесей зернопродукты пропускают через магнитный сепаратор с электрическими или постоянными магнитами.

**Дробление солода** Максимально возможный выход экстракта и достаточно высокую скорость фильтрования сусла должен обес­печить оптимальный состав помола зернопродуктов. Солод можно дробить в сухом или частично увлажненном (мокром) виде. Состав помола (%) зависит от качества солода, способов его затирания и фильтрования.

Сухой солод измельчается на вальцовых или молотовых дробилках. В процессе дробления происходит расщепление оболочки зерна и измельчение эндосперма, превращение солода в крупку. При этом приходится учитывать два противоречащих друг другу требования:

1) очень важно максимально сохранить целостность оболочки зерен. При фильтровании она будет играть роль своеобразного фильтрующего слоя. Также нельзя забывать, что шелуха содержит дубильные и минеральные вещества. При измельчении оболочки они могут перейти в сусло, что приведет к ухудшению его органолептиких свойств;

2) чтобы облегчить и ускорить процесс гидролиза крахмала в сахара необходимо максимально измельчить содержимое зерна. Чем хуже растворяются вещества, содержащиеся в используемом солоде, тем мельче его приходится дробить, чтобы извлечь из дробины нормальное количество экстракта.

Выполнить оба требования возможно только в том случае, если разделить дробление солода на несколько технологических этапов. Сначала зерно «выжимается» из своей оболочки. После этого шелуха отделяется, а содержимое зерна может измельчаться.

Зерно неоднородно по своей твердости. Из его центральной части образуется мука и мелкая крупка, а из периферийных частей - более крупная крупка. Если помол будет излишне грубый - выход экстракта снизится. Чем мельче полученные частички эндосперма, тем выше выход экстракта.

Для точной регулировки дробилки измеряют количество оставшегося в отработанной дробине экстракта. При этом более тонкий помол обычно требуется при работе с высоко влажным или неудовлетворительным солодом. Попробовать применить более грубый помол для сокращения времени фильтрации имеет смысл только в том случае, если используется солод хорошего качества.

Иногда применяют ***увлажнение солода***, но большинство существующих пивоварен используют технологию сухого дробления. Она требует применения особых мер предосторожности - сухое дробление может быть опасным. Во время процесса образуется мельчайшая солодовая пыль. Ее общее количество незначительно, но этого хватает, чтобы около вальцов образовалась смесь из пылевой взвеси и воздуха. Этой смеси присуща способность взрываться от мельчайшей искры.

Для того, чтобы смягчить возможные последствия взрыва, на дробилках сухого типа используются защитные экраны в виде рвущихся мембран (одноразовые), взрывогасящих трубок специальной конструкции (многоразовые, смягчают и рассеивают энергию взрыва), а также противовзрывных пластин, которые устанавливаются непосредственно под вальцами (пластины не дают пыли попадать в окружающий воздух и тем самым препятствуют образованию опасной взвеси). По мнению специалистов, противовзрывные пластины играют очень важную роль в обеспечении безопасности производства. Также в дробильном отделении запрещается курить и эксплуатировать открытое электрооборудование.

Дробилки сухого дробления различаются по количеству работающих в них вальцов. Они бывают шести-, пяти-, четырех- и двухвальцовые. Двухвальцовые используются, в основном, на мини-пивзаводах. Четырехвальцовые - на небольших и средних предприятиях. Пятивальцовая дробилка является разновидностью шестивальцовой (один валец исполняет там две функции - предварительного дробления и отделения шелухи). Этот вид оборудовния не является распространенным.

Во всем мире лучше всего себя зарекомендовали и чаще встречаются на средних и крупных предприятиях шестивальцовые дробилки. Вальцы в них расположены попарно. В первой паре работают вальцы предварительного дробления (после них все зерна должны быть раздроблены). Во второй - вальцы для отделения шелухи (крупка, оставшаяся на шелухе должна быть отделена, шелуха при этом остается целой). В третьей - вальцы для получения крупки (они должны быть настроены таким образом, чтобы измельчать эндосперм в крупку, а не в муку).

Качество сусла во многом зависит от качества помола солода.

Для более эффективной работы вальцы рифлятся не параллельно оси вращения, а наискось. Благодаря этому возникает вышелушивающе-режущее воздействие.

На дробилках старого типа первая и вторая пара вальцов были гладкими (раздавливали зерна), третья пара - рифленой.

В современных типах дробилок рифленые вальцы, вращающиеся навстречу друг к другу с разными скоростями, «выдавливают» зерна из шелухи, не нарушая целостность оболочки. Шелуха остается практически нетронутой, а эндосперм успешно измельчается. В итоге получается смесь из необходимой пропорции шелухи и крупки с примесью муки. В оборудовании старого типа вальцы, вращаясь с одинаковой скоростью, раздавливают (раскалывают) зерна солода.

Производительность современных шестивальцовых дробилок может достигать 14 т дробины/ч. На отечественных предприятиях наиболее часто встречаются дробилки, рассчитанные на 2,5 т/ч.

Важным фактором является равномерная загрузка дробилки - при перегрузках помол может стать слишком грубым, так как между вальцами могут проскакивать целые зерна.

***При мокром помоле*** солод предварительно увлажняют в бункере до содержания влаги 18-32 % путем орошения водой температурой 35-50 °С или насыщенным паром. В этом случае повышается эластичность оболочки, которая практически не измельчается на вальцовых станках, что впоследствии приводит к созданию рыхлого и пористого фильтрующего слоя дробины.

Наиболее современные образцы оборудования увлажняют оболочку в щадящем режиме, оставляя середину зерна абсолютно сухой (так ее потом проще раздробить). Система кондиционирования обычно устанавливается в качестве дополнительного узла непосредственно перед дробилкой.

Предшественником системы кондиционирования была дробилка «мокрого» типа. Известно, что сегодня подобные дробилки еще работают на некоторых пивоварнях, но производители оборудования их давно уже не выпускают.

В «мокрой» дробилке зерна солода предварительно замачивались в специальном бункере. Солод был действительно мокрым, и стадия затирания начиналась фактически уже при дроблении. Это значительно увеличивало время контакта дробины с кислородом. Часто при работе на таком оборудовании к дробине сразу же добавлялась молочная кислота (с целью оптимизации pH).

**Дробление несоложеных зернопродуктов.** Ячмень, пшеницу и рис дробят на двухвальцовом станке с нарезными вальцами, которые вращаются навстречу друг другу с разной скоростью. Для измельчения кукурузы обычно используют молотковые дробилки.

**2.3 Затирание**

**Способы и технологические режимы зати­рания** Приготовление затора начинают со смешивания дробленых зернопродуктов с водой при температуре 37-40 °С, кото­рое осуществляется в ***заторном аппарате*** при включенной ме­шалке. Далее затирание ведут настойным (инфузионным) или отварочным (декокционным) способами. Коли­чество измельченных зернопро­дуктов называют ***засыпью***, объем применяемой воды — ***наливом***, а полученный продукт — ***затором***. Обычно на затирание 100 кг зернопродуктов рас­ходуют 350-500 дм3 воды.

Целью затирания является экстрагирование растворимых веществ солода и несоложеного сырья и превращение нерастворимых веществ в растворимые с после­дующим переводом их в раствор под дейст­вием ферментов солода и применяемых ферментных препаратов. Вещества, перешедшие в рас­твор, называют ***экстрактом.***

***Настойный***способ применяется только для хорошо растворенного солода с высокой ферментативной активностью. Его преимущество - снижение энергозатрат и уменьшение продолжительности затирания.

Настойныйспособ заключается в выдерживании затора в течение 30 мин при 40 оС и постепенном нагреве от данной температуры до 70 оС со скоростью 1 °С/мин без кипячения. При температуре 52; 63 и 70 оС затор выдерживается по 30 мин. Указанные температурные паузы позволяют проявить максимальную активность соответственно для эндопептидазы, β- и α-амилазы солода.

Далее затор нагревают до 72 °С и выдерживают до полного осахаривания по пробе на йод. Затем осахаренный затор подогревают до 76-77 оС и направ­ляют на фильтрование. Полученное этим способом сусло богато ферментами, содержит много мальтозы и аминокислот, мало дек­стринов и поэтому хорошо сбраживается.

***Выход экстракта*** при отварочном способе выше. Это обусловлено тем, что при отварочных способах затор подвергают не только ферментативно­му, но и физическому воздействию (кипячению).

Различают следующие вари­анты ***отварочных способов***: с одной, двумя, тремя отварками или кипячением всей густой части. Наиболее распространенные — одно- и двухотварочные способы. При отварочных способах за­тирание ведут в двух заторных аппаратах, один из которых ис­пользуют для кипячения отварки.

При ***одноотварочном способе*** в заторный аппарат предварительно набирают около 1/2 всего количества подогретой воды, необходимой для затирания, включают мешал­ку и через предзаторник спускают дробленый солод с водой. Температура смеси должна быть в пределах 50-52 °С. Белковую паузу выдерживают в течение 20-30 мин. После этого в заторный аппарат наливают жидкую часть затора, а густую (отварку) подогревают до 61-63 °С и выдерживают в течение 15-20 мин. Далее температуру медлен­но повышают до 70-72 °С.

В это время отварка осахаривается в течение 20-30 мин. Затем ее нагревают до кипения и кипятят 20-30 мин.

Несоложеное сырье сначала затирают с 15-20 %солода и частью ферментного препарата. Эта часть затора является отвар­кой. Ее выдерживают 15-20 мин при 50-55 °С, затем подогрева­ют до 70-72 °С и осахаривают 20-30 мин, после чего доводят до кипения и кипятят 20-30 мин.

Перед началом кипячения отварки готовится основной затор из оставшегося солода и ферментных препаратов. Готовую отварку соединяют с солодовым затором и далее процесс затирания ведут аналогично описаному выше.

После этого отварку медленно возвращают в жидкую часть за­тора так, чтобы температура объединенного затора была 61-63 °С, и проводят мальтозную паузу в течение 15-20 мин. Далее затор нагревают до 70-72 °С и выдерживают до полного осахаривания по йодной пробе (15-30 мин). После повышения температуры до 75-77 °С затор передают на фильтрование.

Этот способ наиболее рациональный. В некипяченой части за­тора сохраняются ферменты, которые действуют на всю густую, подвергавшуюся кипячению, часть затора.

Преимущества этого способа: возможность использования благоприятных условий для расщеп­ления белков и крахмала благодаря оптимальным температурным паузам, предварительную клейстеризацию всего крахмала сырья и наиболее эффективное применение ферментов, в результате чего повышается выход экстракта.

***Двухотварочный способ*** позволяет перерабатывать солод различного качества. В заторном аппарате готовят за­тор, выдерживают белковую паузу 15-30 мин при 40-45 °С. Далее в отварочный котел подают 1/3-1/2 затора (густая часть) — пер­вую отварку. Ее медленно подогревают до 61-63 °С, выдерживают 20-30 мин, затем осахаривают 15-30 мин при 70-72 °С, после чего доводят до кипения и кипятят в течение 20-30 мин.

Первую отварку медленно возвращают в основной затор, чтобы повысить температуру до 61-63 °С, и выдерживают мальтозную паузу в течение 15-20 мин. Затем отбирают вторую отварку в количестве 1/3 густой заторной массы, нагревают ее до 70-72 °С, выдерживают 15-20 мин, затем нагревают до кипения и кипятят 7-10 мин. Го­товую отварку медленно перекачивают к основному затору. При этом температура затора поднимается до 70-72 °С и проводится осахаривание крахмала, контролируемое по йодной пробе (обычно 20-30 мин).

При использовании солодов пони­женного качества сроки выдержки при температуре осахаривания могут быть увеличены до полного осахаривания затора, но про­должительность выдержки не должна превышать 1 ч.

После полного осахаривания затор подогревают до 75-77 °С и передают на фильтрование.

При всех способах затирания для интенсификации тепло-, мас-сообменных и ферментативных процессов во время подогрева за­торной массы в аппаратах работают мешалки с большой частотой вращения, при выдержке при различных температурных паузах — с небольшой частотой вращения для предотвращения перехода в раствор высокомолекулярного β-глюкана. Быстро - со скоростью 3,8 м/с - при большом диаметре мешалки с двумя лопастями и при использовании ранее вальцевой дробилки, и 4,3 м/с - при разваривании рисовой сечки и кукурузной муки; медленно - 50 % от скорости быстрой. При температуре выше 55 °С мешалку на температурных паузах, если это возможно, следует выключать или снижать скорость до минимума.

При перекачке отварки в отварочном котле мешалка вращается медленно, а в заторном - быстро. Перекачка затора на фильтрацию должна осуществляется при медленном вращении мешалки, при этом затор перекачивают со скоростью не более 1,5 м/с.

**Процессы, происходящие при затирании** На первых стадиях затирания в раствор переходят углеводы, частично белки и про­дукты их гидролиза, пектиновые, дубильные и горькие вещества, ферменты и минеральные соли, составляющие 10-15 % сухих веществ солода. В несоложеном сырье их в 2-3 раза меньше. Основные же компоненты зернопродуктов — крахмал и белки нерастворимы. Поэтому их перевод в растворимое состоя­ние осуществляется в результате направленного действия ферментов.

При зати­рании крахмал проходит три стадии: клейстеризацию, разжиже­ние и осахаривание. Собственно гидролиз крахмала (осахаривание) представляет собой разжижение крахмального клейстера, которое сопровождается накоплением в среде декстринов, маль­тозы и глюкозы, в силу чего сусло имеет сладкий вкус.

Гидролиз крахмала схематически можно представить в следующем виде: Крахмал → Амилодекстрины → Эритродекстрины → Ахродекстрины → Мальтодекстрины → Мальтоза → Глюкоза.

Процесс осахаривания контролируется по ***йодной реакции***, так как крахмал и декстрины дают различный цвет с йодом: крахмал и амилодекстрины — синий, эритродекстрины — крас­но-бурый, ахродекстрины и другие продукты гидролиза цвет йо­дного раствора не изменяют. В бродильном производстве термин «осахаривание» означает не процесс превращения крахмала в сахара, а исчезновение окраски йодного раствора.

К гидролизу крахмала при затирании предъявляют следующие **требования:** сусло не должно содержать амило- и эритродекстринов, но кроме мальтозы в сусле долж­ны содержаться ахро- и мальтодекстрины, которые придают пиву пол­ноту вкуса и повышают его вязкость.

При правильно прове­денном затирании должно образоваться 20-30 % декстринов и 70-80 % «сырой» мальтозы, к которой относятся все продукты гидролиза крахмала, обладающие редуцирующей способностью, в пересчете на мальтозу.

Продукты гидролиза некрахмальных полисахаридов повышают выход экстракта, снижают вязкость раствора, благо­приятно влияют на вкус пива, образование пены и ее устойчи­вость.

***Цитолитические ферменты*** гидролизуют гемицеллюлозы и гумми-вещества, входящие в состав клеточных стенок зернового сырья. При этом образуются декстрины, глюкоза, ксилоза и арабиноза.

Гидролиз некрахмальных полисахаридов зависит от действия протеолитических ферментов на белок, с которым эти вещества связаны.

Белки, как и крахмал, начинают гидролизоваться в процессе солодоращения. Их гидролиз происходит под дейст­вием эндопептидаз солода. Ферментативное расщепление белков можно представить в виде следующей схемы: Белки → Альбумозы → Пептоны → Полипептиды → Пептиды → Аминокислоты. При затирании в сусло должно переходить около 35 % белков от общего содержания в зернопродуктах.

Рекомендуется следующее соотношение фракций продуктов гидролиза белка (%): А:В:С = 25:15:60. Высокомолеку­лярные продукты гидролиза белка (фракция А) влияют на стойкость пива. Пептоны и полипептиды (фракция В) обуслов­ливают образование пены пива, а пептиды и аминокислоты (фракция С) необходимы для питания дрожжевых клеток. Недостаточный гидролиз белка приводит к резкому снижению органолептических свойств пива и его стой­кости при хранении.

При затирании протекают многочисленные нефермен­тативные процессы: экстракция образующихся растворимых ве­ществ, образование меланоидинов, частичная коагуляция белков и др.

Основными факторами, влияющими на выход экстракта и его состав, являются со­отношение фермент:субстрат, продолжительность процесса, температура и рН затора.

С увеличением концентрации затора ферментативные реакции замедляются. Поэтому концентрация затора обычно не превышает 16 %.

Влияние температуры при затирании обусловлено температурным оптимумом и термо­стабильностью ферментов. Так, при 63 °С образуется большое количество мальтозы и мало декстринов. С повышением же температуры до 70 °С гидролиз крахмала протекает быстрее, но вследствие инактивации β-амилазы накапливаются пре­имущественно декстрины.

Оптимум рН для действия ферментов зависит от температуры среды. Как правило, с повышением температуры повышается и рН-оптимум. Так, для совместного действия амилаз при темпе­ратуре затора 65 °С рН-оптимум составляет 5,6.

С увеличением продолжительности затирания в сусле накап­ливаются низкомолекулярные продукты гидролиза крахмала и белков.

**Подкисление затора** Это мероприятие особенно необходимо проводить для пивзаводов, работающих на жесткой воде. Подкисление затора имеет большое значение при получении светлых сортов пива, так как сусло после подкисления становится светлее.

Подкисление затора способствует переходу экстрактивных ве­ществ зернового сырья в сусло и улучшает вкусовые свойства пива.

Затирание преследует цель — снизить рН затора до оптималь­ной величины, равной 5,3-5,5, при которой ферментативные процессы проходят более активно, чем при более высоком рН.

Концентрация водородных ионов влияет на процессы затира­ния и коагуляцию белков при кипячении. Она способствует освет­лению сусла и пива, увеличивает выход экстракта.

Наиболее распространенный и простой способ — подкисление затора молочной кислотой из расчета 0,06-0,09 % к массе затираемого сырья в пересчете на 100 %-ную кислоту.

Отмеренное количество молочной кислоты разбавляют двумя-тремя частями воды. Разбавленную кислоту медленно вливают в заторный котел при работающей мешалке. Периодически опреде­ляют рН затора и в зависимости от результатов изменяют дозиров­ку кислоты. Добавление молочной кислоты повышает активность ферментов, увеличивает выход экстракта, уменьшает извлечение горьких и ароматических веществ оболочки, улучшает коагуляцию белков при кипячении, повышает качество пива.

Подкислить затор можно также добавлением ***сульфата каль­ция*** — гипса (гипсование затора). Сульфат кальция взаимодей­ствует с карбонатами и щелочными фосфатами и рН затора сдви­гается в кислую сторону. Расход гипса определяют, исходя из со­держания гидрокарбонатов в воде, из расчета на 1 г СаО 3,07 г СaSО4 • 2Н2О. Рассчитанное количество гипса засыпают в заторный котел в начале затирания. Гипсование затора также повышает выход экстракта и улучшает качество сусла и пива.

**2.4 Фильтрование затора**

Осахаренный затор представляет собой суспензию, состоящую из двух фаз: жидкой (пивное сусло) и твердой (пивная дробина).

Фильтрование затора подразделяется на **две стадии**: ***фильтрование*** ***первого*** (основного) ***сусла*** и ***выщелачивание***, которое представляет собой вымывание экстракта, задерживаемого дро­биной. Сусло и промывные воды должны быть прозрачными во избежание затруднения последующих технологических операций и ухудшения качества пива.

Современные требования к системе разделения затора заключаются в следующем:

- высокий выход экстракта;

- короткая и воспроизводимая длительность процесса;

- высокое качество фильтрации (сусло без присутствия взвешенных частиц и недоосахаренного крахмала);

- низкая влажность дробины;

- минимальное количество сточных вод;

- минимальное содержание кислорода в сусле.

Один из вариантов уменьшения общего времени фильтрации состоит в том, что, одновременно с обычной фильтрацией через слой дробины, при помощи специальных приспособлений производится отбор верхнего, уже отстоявшегося, слоя сусла. Отобранное сусло обычно пропускается через фильтр-блок. В таких условиях процесс протекает достаточно быстро, а фильтрующий слой уплотняется медленнее и не требует глубинного рыхления. Это снижает количество взвеси, попадающей в сусло.

Используемая система разделения затора, ее физический и моральный износ оказывают решающее влияние величину потерь экстракта в дробине.

Известно, что чем выше экстрактивность сусла, тем меньше выход экстракта, поэтому тенденция к производству сусла и пива с высокой экстрактивностью без применения специальных приемов и оборудования может привести к увеличению расхода сырья на производство единицы продукции. Следует принять в расчет, что снижение величины засыпи не всегда приводит к снижению объема производства пива.

Для сохранения прежних объемов производства можно использовать мальтозную патоку. Другим способом снижения расхода зернового сырья является использование заторных фильтров, которые позволяют получить значения выхода экстракта близкие к 100 %. Важным является тот факт, что при работе на заторных фильтрах требования к качеству перерабатываемого солода могут быть несколько менее жесткими благодаря более мелкому его измельчению. Установка такого оборудования, естественно, требует значительных затрат, однако преимущества использования заторных фильтров следует учитывать при замене фильтр-чанов устаревшей конструкции.

Повышение потерь экстракта при производстве 15-18 % сусла при работе на фильтр-чанах может быть также частично компенсировано:

- повторным использованием промывной воды;

- применением углеводсодержащих сиропов.

Повторное использование промывной воды может способствовать повышению выхода экстракта. При производстве высокоплотного сусла этот эффект выражен еще сильнее. Но, тем не менее, известно, что этот прием оказывает отрицательное влияние на качество сусла и на каждом предприятии устанавливается плотность последней промывной воды.

Некоторые заводы практически не собирают промывные воды (за исключением производства особо плотных сортов чисто солодового пива). Обычно их используют для промывки дробины следующей варки. В том случае, если промывные воды все же используются повторно, они должны храниться между двумя варками сусла горячими в резервуаре, конструкция которого обеспечивает возможность отделения промывных вод от осевшего осадка (путем декантации). Кроме того, резервуар и соединяющие его трубопроводы должны эффективно промываться и дезинфицироваться, в противном случае он становится источником инфекции.

Применение промышленных ферментных препаратов, обладающих β-глюканазной активностью при использовании классических фильтрационных чанов позволяет в некоторой степени повысить выход экстракта в варочном цехе, но в целом выход экстракта при производстве высокоэкстрактивных сортов пива всегда ниже. Положительным моментом является сокращение длительности процесса фильтрования за счет сокращения времени сбора промывных вод.

Выбор экстрактивности выпускаемого сусла на конкретном предприятии обусловлен используемым оборудованием и его техническим состоянием.

**Способы и технологические режимы фильтрования** Наиболее распространенными являются периодические способы фильтрования с использованием фильтрационного ап­парата или фильтр-пресса. Непрерывные способы фильтрования, центрифугирование, вакуум-фильтрование, автоматизация про­цесса по разным причинам пока не нашли широкого применения.

Для фильтрации затора используются заторно-фильтрационные и фильтрационные чаны, а также заторные пресс-фильтры.

Фильтрующей основой в ***фильтр-чане*** служит сетчатый элемент, дающий опору фильтрующему слою дробины, а в ***фильтр-прессе*** - полипропиленовые мембраны (салфетки), с помощью которых идет фильтрация.

Наибольшие проблемы с выходом экстракта или с продолжительностью фильтрования возникают при работе на фильтр-чанах старой конструкции. Часто это бывает связано с превышением нормальной нагрузки на сито. При сухом дроблении на некоторых предприятиях фактическая нагрузка на сито составляет более 190 кг/м2, при максимально допустимых значениях 180 (оптимально 160-175) кг/м2. Для таких предприятий улучшение экономических показателей при производстве сусла может быть достигнуто снижением величины засыпи.

***Заторно-фильтрационный чан*** является наиболее старой (и медленной) системой из всех существующих. К его достоинствам относится невысокая стоимость и простота обслуживания.

В заторно-фильтрационном чане происходит осахаривание и фильтование затора. По сравнению с другими типами оборудования, при работе на заторно-фильтрационном чане используется дробина наиболее грубого помола. К его характерным особенностям относится небольшие площадь фильтрации и выход экстракта. Но поскольку на заторно-фильтрационом чане толщина слоя дробины (очень крупной фракции) является самой большой, с помощью этого типа оборудования можно получить наиболее прозрачное сусло.

Невысокий выход экстракта частично компенсируется возможностью использования меньшего количества воды при приготовлении затора (примерно 2 дм3 на 1 кг дробины), а также возможностью промывки дробины большим количеством воды.

Скорость сбора сусла в заторно-фильтрационном чане обычно регулируется вручную. При фильтрации первого сусла частицы дробины как бы «плавают» в нем - такой эффект наблюдается только на этом оборудования. Первое сусло обладает высокой вязкостью, скорость его сбора невелика. Это позволяет предупредить оседание частиц на фильтрационном сите.

В заторно-фильтрационном чане удаление пивной дробины производится вручную или при помощи вращающегося устройства, которое сдвигает дробину по направлению к разгрузочному люку.

Современные ***фильтрационные чаны***, так же, как и пресс-фильтры, могут обеспечивать фильтрацию 12 заторов в сутки. Их обслуживание нетрудоемко. Большинство пивоварен использует сегодня именно фильтр-чаны современной конструкции.

В фильтрационном чане частицы дробины оседают на фильтрационном сите. У современного оборудования сито сделано из нержавеющей стали.

Площадь фильтрации у этого типа оборудования значительно больше, чем у заторно-фильтрационного чана. В то же время фильтрующий слой в нем менее толстый.

На первой фазе фильтрования затор перекачивают в фильтрационный аппарат, где он отстаивается для формирования фильт­рующего слоя высотой 30-40 см. Затем начинают фильтрование, причем первое мутное сусло возвращают в фильтр-аппарат. По окончании фильтрования первого сусла дробину промывают водой температурой 70-80 °С. Промывание ведут до содержания сухих веществ в промывной воде 0,5 %. Дальнейшее вымывание экстракта экономически нецелесообразно, так как ведет к выще­лачиванию веществ, ухудшающих вкус пива, и перерасходу топ­лива на выпаривание избытка воды.

Перед подачей затора под сита подают воду таким образом, чтобы над ними образовался слой воды в 1-1,5 см. Чтобы снизить нагрузку на сито и сделать распределение густой фракции затора более равномерной, при перекачке в чан затора включается разрыхлитель. После того, как перекачанный затор оставляют в покое на 25-30 мин, в чане осаждается фильтрующий слой. Он состоит из следующих слоев:

1. тончайшего слоя мути;

2. основного слоя грубых частиц дробины (шелуха и крупка);

3. тонкого тестообразного слоя мелких частиц.

Чтобы убрать муть, прошедшую через сито, на какой-то момент (обычно попарно) открываются фильтрационные краны. При этом под ситом образуются вихреобразные завихрения жидкости, поднимающие муть, которая вместе с жидкостью выходит из чана. Вода и мутное сусло перекачиваются обратно в чан. Когда начинает идти прозрачное сусло, его направляют в сусловарку. Лучшее качество достигается при небольшой скорости фильтрации

При работе на фильтрационном чане используется дробина более тонкого помола. Это увеличивает сопротивление фильтрующего слоя. В результате даже небольшое увеличение вязкости сусла оказывает значительное влияние на время фильтрации. Этот недостаток компенсируется с помощью применения специального разрыхляющего механизма. Он представляет собой вращающуюся по кругу штангу, на которой укреплены прямые или волнообразные ножи. На конце ножей укреплены пропашники (башмаки) - плугообразные поперечные элементы. Дабы обеспечить возможность рыхления фильтрующего слоя на разной высоте, ось, на которой вращается штанга рыхлителя может раздвигаться по вертикали.

Для того, чтобы не нарушить целостность фильтрующего слоя, не «прорвать» его, скорость вращения разрыхляющих элементов (ножей) должна быть минимальной. Чтобы компенсировать малую скорость вращения, фильтрующий слой разрыхляют с помощью многих ножей одновременно (как вариант - используются ножи с двойными пропашниками).

Виды рыхлителей различаются по количеству поперечных штанг, на которых укреплены вращающиеся по кругу ножи. Обычно в фильтрационном чане монтируют две, три, четыре или шесть штанг рыхлителя. Их количество зависит от величины (диаметра) чана.

После окончания фильтрации оставшуюся в котле дробину выгружают с помощью того же рыхлителя. Для этого ножи разворачивают плоской стороной по направлению движения и сгребают ими дробину в люк для выгрузки. Также выгрузка дробины может производится путем опускания закрепленной на рыхлителе специальной полосы.

Способ фильтрации затора зависит от типа выпускаемого пива и конструкции фильтрационного чана. При этом разрыхляющий механизм может работать непрерывно или периодически, в этом же режиме подается и вода - когда процесс фильтрации приостанавливается, производится перемешивание дробины.

Работа на фильтрационных чанах облегчается тем, что все они, как правило, полностью автоматизированы. Это дает возможность не только регулировать скорость фильтрации, но и контролировать разность давлений над и под ситом. Если разница падает ниже нормального уровня, это означает, что произошло «оседание» затора. Для того чтобы поправить положение, фильтрацию прекращают, рыхлитель опускают в нижнее положение и начинают перемешивать фильтрующий слой. После 5-10 мин рыхления фильтрацию можно возобновлять.

Во время фильтрации может быть измерены такие параметры, как:

- скорость потока сусла (позволяет получить информацию об общем объеме собранного сусла);

- разность давлений над и под ситовым пространством (непосредственно обусловливается сопротивлением фильтрующего слоя потоку сусла);

- прозрачность сусла (сусло должно иметь мутность менее 5 единиц ЕВС при содержании взвешенных частиц не более 1 мг/л);

- плотность сусла (как только плотность уменьшается, вязкость сусла снижается и процесс фильтрования ускоряется);

- температура воды, подаваемой на промывку.

Для регулирования процесса фильтрования корректируются:

- скорость прохождения сусла через слой дробины (скорость сбора фильтрата);

- скорость промывки дробины (скорость обезвоживания фильтрующего слоя и количество воды над ним);

- температура воды, подаваемой на промывку (высокая температура приводит к снижению вязкости сусла, но одновременно увеличивает экстракцию нежелательных компонентов оболочки;

- рыхление и выравнивание слоя дробины (главным образом для уменьшении возрастающей разности давлений над и под слоем дробины;

- возврат сусла - после начала фильтрования и часто после остановки фильтрации вследствие «оседания» затора сусло возвращают в фильтрационный чан до тех пор, пока оно не станет прозрачным, после чего его направляют в сусловарочный котел.

***Фильтр-пресс*** является основным конкурентом фильтрационного чана, но пока еще большинство пивоваров работает на фильтр-чанах современной конструкции. Фильтр-пресс является весьма эффективным и компактным видом оборудования.

В фильтр-прессе в качестве основного фильтрующего слоя используется салфетка из специальной ткани, поэтому допуска­ется более тонкий помол зернопродуктов. После сбора первого сусла дробину промывают водой температурой 75-80 оС до плотности промывных вод 0,5-0,7 %.

Толщина слоя дробины составляет в современном фильтр-прессе всего 4-6 см (в фильтр-прессе старого образца - 6-7 сантиметров).

По своему строению и принципу действия все фильтр-прессы похожи на кизельгуровые рамные фильтры. Фильтрующий элемент оборудования старого типа складывается из рам и опорных плит, которые перемежаются не фильтр-картоном, а специальными салфетками из синтетической (или хлопчатобумажной) ткани. Плиты и рамы соприкасаются друг с другом. При их соединении в один фильтровальный блок, отверстия плит и рам образуют каналы для циркуляции затора, сусла и воды. Блок плотно сжимается при помощи гидравлического зажима, что обеспечивает его герметичность. Заторная масса подается во внутреннюю полость рам. С помощью создаваемого избыточного давления сусло проходит через салфетки и по рифленой поверхности опорных плит стекает к кранам. Остатки сусла из дробины вытесняются сжатым воздухом или паром, а после вымываются горячей водой. Рабочий цикл обычного фильтр-пресса составляет около 4 ч.

Радикальные изменения в конструкции, позволившие говорить о появлении нового поколения фильтр-прессов, произошли в 1990 г, когда компания «Meura S.A.» (Бельгия) продемонстрировала свой новый фильтр-пресс (Mash filters) «Meura 2001».

Фильтрационный блок пресса нового поколения складывается из полипропиленовых мембранно-камерных модулей (рифленых плит, покрытых с обеих сторон эластичной мембраной) и решетчатых фильтрующих плит толщиной 40 мм (с двух сторон закрыты фильтровальными салфетками).

Первая стадия фильтрации на ***майш-фильтре*** проходит практически по традиционной схеме. Заторная масса подается в камеры под избыточным давлением, сусло выдавливается через фильтровальные салфетки и выводится в специальный сборник. После того, как через камеры пройдет весь затор, они заполняются дробиной.

На второй стадии в мембранно-камерный модуль подается сжатый воздух. Эластичные полипропиленовые мембраны раздаются в стороны и выжимают из слоя дробины остатки первого сусла.

Промывка дробины водой также производится в две стадии - собственно промывка и отжим из дробины промывной воды.

После этого дробину отжимают окончательно. Оптимальная влажность должна составлять около 32 %. Если она будет меньшей - затруднится транспортировка выгруженной дробины по трубопроводу. Во время этой (последней) операции фильтрационные блоки и модули автоматически раздвигаются и дробина выгружается в специальный бункер. Выгруженная дробина обычно транспортируется по трубопроводу (при помощи сжатого воздуха) в силос, откуда выгружается в транспортные средства, доставляющие ее потребителям.

Весь рабочий цикл майш-фильтра составляет около 100-110 мин, что делает возможным проведение 12 фильтраций затора в сутки. К преимуществам этого оборудования относится простота обслуживания - фильтровальные салфетки можно промывать, не вынимая их из фильтра. Промывка производится слабощелочным раствором.

Майш-фильтры способны работать с солодом очень тонкого помола, обеспечивая максимальный выход экстракта (100 %). Так как количество воды, подаваемой для промывки дробины, в этом случае меньше, чем в других системах, при использовании заторного фильтра можно получить сусло очень высокой плотности.

Кроме «Meura S.A.» наиболее качественные фильтр-прессы нового поколения производят компании «Ziemann» (Германия), «Landaluse» (Испания), «Nordon» (Франция). В странах СНГ более известна продукция «Meura S.A.» и «Ziemann».

**Процессы, происходящие при фильтровании затора** Фильтрование первого сусла представляет собой в основном фи­зический процесс. При выщелачивании дробины водой проте­кает конвективная диффузия, а также различные химические процессы, в том числе обменные реакции.

С понижением концентрации сусла его рН возрастает от 5,7 до 6,2. Это приво­дит к увеличению растворения кремниевой кислоты, полифенольных, дубильных, горьких и других веществ оболочки зернопродуктов. Это повышает цветность пива, что может служить причиной ухудшения его вкуса.

На скорость фильтрования влияют такие факторы, как: состав и высота фильтрующего слоя. При фильтровании на **фильтр-аппарате** фильтрующим слоем является слой дробины, образующийся при отстаивании затора. Солод хорошего растворения, имеющий ре­комендуемый состав помола, дает рыхлый, легко­проницаемый слой.

На скорость фильтрования существенно влияет температура, которая должна быть не выше 78 оС во избежание инактивации фермента α-амилазы. Она завершает доосахаривание остатков крах­мала. Кроме того, более высокая температура способствует уве­личению растворимости продуктов гидролиза белка, полифенольных и других веществ, что влияет на стойкость пива.

В щелочной воде легко растворяются дубильные и горькие вещества оболочек. Но при длительном экстрагировании даже вода нормального состава извлекает из оболочек вещества, способствующие появлению неприятного вкуса пива.

**Утилизация дробины** После отделения сусла остается значительное количество пивной дробины. Обычно ее используют в качестве высококачественного корма для домашних животных. Питательная ценность дробины составляет приблизительно одну пятую от питательности ячменя – большое количество веществ вымывается из нее во время затирания.

В отличие от натурального зерна пивная дробина намного лучше усваивается организмом. В ней практически нет витаминов, довольно много белка и сахаров. По мнению чешских специалистов, по содержанию белков дробина приближается к бобовым, а крахмальных веществ в ней больше, чем в отрубях.

Содержание сухих веществ в дробине может составлять 19-36 % в зависимости от используемой системы отделения сусла. Поэтому для ее сохранения на длительное время ее подвергают сушке.

В местах, где пивоваренный завод находится в непосредственной близости от фермерских хозяйств, дробину обычно выгружают в сыром виде - для силосования и дальнейшего применения.

**2.5 Кипячение сусла с хмелем**

Фильтрованное первое сусло и полученные после промывания дробины воды направляют в сусловарочный аппарат и подвергают кипячению с хмелем. По конст­рукции эти аппараты аналогичны заторным и представляют собой сварной цилинд­рический резервуар с паровой рубашкой, сферическим днищем и крышкой, обеспечивающей интенсивную круговую циркуляцию кипящего сусла.

**Способы и режимы кипячения сусла с хмелем** Для того, чтобы предохранить сусло от инфицирования и максимально продлить активность ферментов, его температуру в сусловарочном аппарате поддерживают в пределах 73-75 °С. Сюда же поступают и промывные воды. В конце набора проверяют полноту осахаривания пробой на йод. При отрицательной реакции в сусло добавляют 0,5 % вытяжки из следующего затора или ферментные препараты и выдерживают при температуре не выше 75 °С до полного осахаривания.

Сусло кипятят только после заполнения сусловарочного аппарата. Для проведения дальнейших стадий технологического про­цесса приготовления пива требуется биологическая чистота сус­ла, от которой зависит стойкость конечного продукта. Для этой цели достаточна длительность кипячения 20-25 мин, однако на практике сусло кипятят около 1,5-2 ч (не более). Только дли­тельное кипячение сусла позволит закрепить нужное соотноше­ние отдельных фракций белковых веществ, свертывание некото­рых неустойчивых белковых веществ в виде крупных хлопьев, которые в дальнейшем выпадут в осадок и приведут к осветле­нию сусла.

При кипячении с хмелем сусло упаривается до нужного содержания сухих веществ при скорости испарения воды 5-6 % в ч к массе сусла. Одновременно происходят стерилизация сусла, стабилизация и аро­матизация его состава горькими веществами хмеля, коагуляция (свертывание) некото­рой части растворенных белков. Полностью инактивируются ферменты. Дубильные вещества хмеля, хорошо растворимые в воде, обладают способностью осаждать белки, в том числе и не осаждаемые дубильными веществами солода. Крупные хлопья свернувшегося белка оседают, захватывая частицы мути, сусло осветляется.

Наиболее интенсивно сусло кипятят в середине варки. В начале варки стараются избежать сильного вспенивания, а в конце — гарантировать хорошее обра­зование хлопьев.

Удельный расход хмеля на 1 дал пива в зависимости от качества хмеля (содержания α-кислоты) и сорта пива составляет от 20 до 60 г. Хмелепродукты в сусло вносят в два, три или четыре приема (если применяют целые шишки), причем последнюю порцию — незадолго до конца кипячения.

При внесении хмеля в два приема всю порцию делят на две ча­сти: первую задают в сусловарочный котел после того, как в него поступило первое сусло, вторую — за 30-40 мин до конца кипяче­ния.

При трехкратной задаче 50 % хмеля добавляют после набора первого сусла, 30 % *—* за час и последние 20 % — за 20 мин до кон­ца кипячения.

Таким образом, для улучшения вкуса пива рекомендуется сначала кипятить сусло без хмеля, тогда на белки будут действовать только ду­бильные вещества солода. При добавлении хмеля к суслу, частич­но освобожденному от белков, оно приобретает сильный хмелевой аромат, но без грубой горечи. Если же в сусло добавлять хмель в начале кипячения, то дубильные вещества солода, как более сла­бые, не взаимодействуют с белками и остаются в растворе, прида­вая суслу грубоватый вкус.

Окончание процесса кипячения сусла определяют по содержанию сухих веществ в нем, свертыванию белково-дубильных веществ, обра­зованию хлопьев и прозрачности горячего сусла.

В последние годы распространение получил способ вторичного ис­пользования последней порции хмеля, который подвергается в сусловарочном котле кратковременному кипячению. В этой порции хмеля остается достаточное количество горьких ве­ществ, поэтому его можно использовать вторично для охмеления сусла.

**Процессы, протекающие при кипячении сусла с хме­лем** При кипячении хмеля в сусло переходит значительная часть его углеводов, белковых, горьких, дубильных, ароматических и минеральных веществ. Ароматизация сусла происходит в резуль­тате растворения в нем специфических составных частей хмеля и продуктов реакции меланоидинообразования.

Эфирное масло при длительном кипячении улетучивается. Наиболее полно используется эфирное масло хмеля последней порции, задаваемой в конце кипячения. Оставшееся количество хмелевого масла или продукты его превращения участвуют в со­здании аромата пива.

На стадии варки сусла с хмелем происходит тепловая коагуляция (выпадение хлопьев) белка. Она проходит в два этапа. На первом происходит частичная дегидратация молекул белка, на втором - дегидратированные молекулы соединяются между собой и образовывают хлопья.

Образованию белковых хлопьев в сусле благоприятствуют:

1. увеличение времени кипячения (но возрастает расход электроэнергии);

2. повышенные давление и температура (но возрастает содержание диметилсульфида);

3. интенсивное кипячение кипящего сусла;

4. низкий уровень pH (5,2) в присутствии сульфа­тов и хлоридов.

Ки­пячение сусла с хмелем сопровождается снижением его вязкости и повышением цветности в результате реакции меланоидинооб­разования, карамелизации сахаров, окисления полифенольных веществ и растворения красящих веществ хмеля.

На растворение горьких веществ влияет концентрация водородных ионов, про­должительность процесса, состав воды, а также концентрация сусла.

При щелочной реакции растворимость горьких веществ выше, чем при кислой. В сусле в основном остаются толь­ко продукты превращения α-горькой кислоты, обусловливающие впоследствии горечь пива, за счет этого изменяется рН. Дубильные вещества хмеля ускоряют коагуля­цию белков.

При работе с мягкой водой образующиеся кислоты способст­вуют осаждению горьких веществ, тем самым снижая ощущение горечи. При использовании карбонатных вод действие кислот в начале брожения нейтрализуется.

При высокой концентрации сусла в среде возрастает количе­ство коагулируемого белка, который при осаждении выводит из раствора горькие вещества. По этой причине при упаривании концентрированного сусла количество вводимого хмеля увеличивают.

**2.6 Отделение сусла от хмелевой дробины**

**О**хмеленное сусло направляют в хмелеотделитель, охлаждают до температуры 4-6 °С, после чего сепарируют для удаления белковых хлопьев (или грубых взвесей). Хмеле­вая дробина задерживается на сите, сусло центробежным насосом перекачивается в сборник для охлаж­дения и осветления.

При этом сусло насыщается кислородом, это необходимо для дальнейшего развития дрожжей. Затем хмелевую дробину промывают горя­чей водой для дополнительного выщелачивания экстрактивных веществ хмеля. Промывные воды присоединяются к суслу в сусловарочном аппарате.

Мокрая хмелевая дробина содержит в себе достаточно много сусла (1 кг хмеля способен впитать 5-7 дм3 сусла). Поэтому рекомендуется производить промывание хмелевой дробины для снижения в ней содержания сусла до 2 дм3 на 1 кг.

**2.7 Наиболее известные зарубежные производители варочных порядков**

Ведущими мировыми лидерами в производстве оборудования варочных отделений пивоваренных заводов являются (в алфавитном порядке) «Anton Steineker Maschinenfabrik GmbH» (Германия), «Huppmann Group» (Германия) и «Ziemann Group» (Германия).

По данным компании «Anton Steineker Maschinenfabrik GmbH» российский пивоваренный рынок освоен фирмами в следующих объемах: «Steineker» - около 60 %, «Huppmann Group» - около 30 %, «Ziemann Group» - около 10 %.

Компания «Anton Steineker Maschinenfabrik GmbH» была основана в 1875 г. Сегодня она специализируется на изготовлении варочных порядков «под ключ». Сусловарочные котлы «Merlin», производимые этой компанией, являются инновационной техникой, практически не имеющей на сегодня аналогов. Компанией «Steineker» производятся варочные порядки, фильтры, участки ферментации и дображивания, а также осуществляется планирование и оснащение пивзаводов «под ключ». Проекты разрабатываются в сотрудничестве с группой «Krones». По словам ее представителей, фирма «Steineker» первой из компаний-метров, производящих варочные порядки, начала всерьез работать на территории СНГ.

Отличительной особенностью компании «Huppmann», является то, что она уделяет предоставлению услуг такое же внимание, как и производству оборудования. Девизом компании является фраза «Мы обеспечим все, что Вам понадобится: от маленького винтика до комплектного пивзавода и специалистов для ввода в эксплуатацию».

При изготовлении оборудования «Huppmann» использует немало оригинальных «ноу-хау». К числу последних относится дробилка «MILLSTAR» системы «Lenz» (производительность до 50 т/ч), производящая дробление без доступа кислорода (в среде инертного газа), оригинальные лопасти заторного котла «Huppmann» (технология щадящего перемешивания), ножи рыхлителя с двойным башмаком и решетки «двойного дна», обладающие повышенной эффективностью.

По данным, предоставленным компанией «Huppmann», в России ее оборудование работает на ОАО «Пивоваренная компания «Балтика», (Санкт-Петербург), ЗАО «МПБК «Очаково» (Москва), ОАО «Красный Восток» (Казань), Калужской пивоваренной компании, ЗАО «Клинский пивокомбинат», ОАО «Афанасий-пиво» (Тверь), ОАО «Амур-пиво» (Хабаровск), ОАО «ПАТРА» (Екатеринбург), ЗАО «Росар» (Омск), ОАО «Пикра» (Красноярск), «Пивзавод «Самко» (Пенза), ОАО «Томское пиво», ОАО «Пивоваренная компания «Тульское пиво», ООО «Русская пивоваренная компания» (Рязань), ОАО «Балтика-Дон» (Ростов-на-Дону), а кроме этого на ОАО «Николаевский пивзавод «Янтарь» (Украина), ЗАО «Сармат» (Донецк, Украина), ОАО «Пивзавод «Рогань» (Харьков, Украина), ЗАО «Оболонь» (Киев, Украина), «Динал Лтд» (Алматы).

Компания «Ziemann Group» также является одним из старейших мировых производителей пивоваренного оборудования. Основана в 1852 г, в РФ работает с 1998 г. Сегодня «Ziemann Group» состоит из трех европейских компаний: «A. Ziemann GmbH», (Германия), «Ziemann + Bauer GmbH» (Германия), «Ziemann-Hengel S.A.» (Франция), а также дочернего предприятия «Ziemann-Liess S.A.» (Бразилия).

«Ziemann Group» специализируется на изготовлении оборудования высокой производительности. Именно эта компания изготовила наиболее мощные в мире варочные порядки, расположенные на пивоваренном заводе «GRUPO MODELO» (Мексика). Диаметр фильтр-чана равен 14,6 м, выход горячего сусла высокой плотности составляет 1400 гектолитров за варку, оборачиваемость - 10 варок в сутки.

По словам представителей «Ziemann», компания является «№1» в Центральной и Южной Америке, Чехии, Польше и на Украине.

К оригинальным ноу-хау «Ziemann Group» относится уникальная система кипячения сусла с использованием вакуумного испарения, позволяющая в широком диапазоне регулировать физико-химические параметры сусла.

**2.8 Охлаждение и осветление сусла**

В горячем охмеленном сусле полностью отсутствует кислород, в нем содержатся грубые взвеси, которые образовались при кипячении его с хмелем. Размер взвешенных частиц может составлять от 30 до 80 мкм. Если от них не избавиться, они могут затруднить последующую фильтрацию пива или, что еще хуже, осесть при брожении на стенках дрожжевых клеток – «оклеить», «облепить» их, т.е. нарушить их проницаемость, затрудняя диффузию сахаров в клетку. В этом случае брожение может ухудшиться или совсем затухнуть. Наличие взвесей отрицательно влия­ет на дображивание пива и коллоидную стойкость готового продукта.

С по­нижением температуры осаждаются грубые взвеси и выделяются тонкие взвеси, сусло насыщается кислородом, что благоприят­ствует нормальному размножению дрожжей и полному выделе­нию коагулируемых белков.

***Целью*** ***охлаждения*** и ***осветления сусла*** является понижение его температуры, насы­щение сусла кислородом воздуха и осаждение взвешенных частиц.

В зависимости от методов брожения (низовое или верховое) сусло охлаждают до температуры 6-7 или 14-16 °С.

**Способы и технологические приемы ох­лаждения и осветления сусла** Различают такие способыосветления сусла как седиментация под действи­ем силы тяжести (отстаивание), при которой разделение осуще­ствляется благодаря разнице между относительной плотностью жидкой и твердой фаз, и седиментация под действием центро­бежной силы, которая превышает силу тяготения в 3000-4500 раз (для современных сусловых сепараторов), вследствие чего скорость оседания тонких суспензий значительно повышается.

Для подготовки сусла к брожению применяют комби­нированную установку, состоящую из двух аппаратов: первый для удаления грубых взвесей (осадка) и второй для охлаждения сусла до заданной температуры брожения. Таким образом, охлаждение сусла производят в две стадии.

***Первая стадия*** - охлаждение горячего сусла до 60-70 °С - обычно может про­исходить, например, в ***отстойном*** (осадочном) ***аппарате*** и продолжается 1,5-2 ч, т.е. сравнительно медленно. Он представ­ляет собой стальной цилиндрический резервуар с плоским, слег­ка наклонным дном и сферической крышкой. В крышке аппарата установлена вытяжная труба, под которой укреплен распределительный конус. Для охлаждения сусла служит стальной змеевик, размещенный внутри резервуара. Для декантации охлажденного и осветленного сусла в аппарате имеется шарнирно закреплен­ный подвижный трубопровод с поплавком.

Время нахождения сусла в отстойном аппарате сократить нельзя, так как для осаждения грубых горячих осадков необходимо не менее 2 ч. В отстойном чане, который пришел на смену холодильной тарелке, уже использовался охлаждающий элемент, заполняемый проточной водой. По нему тонким слоем, самотеком, стекало сусло. В этой системе начала использоваться система аэрации сусла стерильным воздухом.

После спуска сусла из отстойно­го аппарата отстой направляют по закрытому трубопроводу в закрытый сборник, из которого сжатым воздухом подают в фильтр-пресс. Отстойное сусло стерилизуют, охлаждают и затем направляют в бродильный аппарат, добавляя его к основному суслу.

Для осветления сусла используют также ***центробежные сепа­раторы***, которые позволяют быстро получить прозрачное сусло и сократить потери экстракта с отстоем. Сепараторработает на принципе применения центробежных сил, за несколько секунд отделяя взвеси от сусла. Особое внимание при работе с сепаратором специалисты настоятельно рекомендуют уделять центровке его ротора. Частота вращения ротора должна строго соответствовать величине, указанной в паспорте оборудования. Кинетическая энергия вращающегося ротора чрезвычайно велика, если он сорвется - последствия могут быть очень серьезными. При появлении вибрации, стука или резком изменении частоты вращения ротора сепаратор немедленно останавливают.

Наиболее приемлемой технологией сегодня, по мнению специалистов, является процедура осветления пивного сусла в **вирпуле** **(гидроциклоне).** В нем отделение белкового и хмелевого осадков достигается гидродинамическим воздействием.

Аппарат представляет собой большой закрытый резервуар с плоским, но несколько наклон­ным днищем. Горячее сусло подается в аппарат с одной или двух сторон тангенциально направленной струей со скоростью 10 м/с и закручивается. Сусло приходит во вращательное движение. Возникшая центробежная сила собирает взвеси и хлопья белка в центре емкости, где образуется осадочный конус. Этот эффект иногда называют «эффектом чашки чая» - точно так же в центре чашки после помешивания собираются частичек заварки. Впервые он был применен в пивоварении еще несколько десятилетий назад. Сегодня это наиболее простой и действенный метод удаления скоагулировавшего белка из сусла.

В данном аппарате на осветление сусла уходит около 20 мин. Вообще же нормальным временем осветления считается интервал в 40 мин. После того как твердые частицы осядут, сусло становится прозрачным (осветленным). Оно откачивается сверху - по мере увеличения его прозрачности. Достоинством гидроциклона является стерильность процесса, так как в аппарат поступает горячее сусло и выходит из него с температурой 90 °С.

***Вторая стадия*** - быстрое охлаждение с 70-60 до 6-16 °С - осуществляется в автоматизированном закрытом пластинчатом теплооб­меннике. Он удобен в обслуживании и эффективен.

Такой охладитель состоит из тонких штампованных стальных пластин, нанизанных на две продольные опорные стойки. На каждой пластине расположены резиновые уплотнители-прокладки. Когда стопа пластин сжимается вместе (при помощи опорной плиты и винтового зажима), она образует единый пакет (блок). Отверстия в пластинах и уплотнители располагаются таким образом, что в пакете охладителя образуются две системы каналов. По одной идет сусло, по другой - солевой раствор или вода. Приблизительно две трети блока охлаждается водой, одна треть - рассолом.

После охлаждения производится ***аэрация сусла*** - не­посредственно в трубопроводе или аппарате предварительного брожения в него впрыскивается стерильный воздух, необходимый для дрожжевых клеток.

В зависимости от сорта пива потери экстракта в варочном цехе составляют от 2,6 до 2,8 %, а потери в пивной и хмелевой дробине (к объему горячего сусла) на стадии осветления и ох­лаждения сусла — от 5,5 до 7,0 %, в том числе 4 % - мнимые потери объема в результате сжатия сусла при его охлаж­дении от 100 до 20 °С.

Для более полного удаления белков из сусла могут использоваться **осветлители сусла** типа «ирландского мха» (изготавливаются из морских водорослей). Они добавляются за 10-15 мин до конца кипения в сусловарочный котел или уже при перекачке сусла в гидроциклон.

Для добавочного осветления сусла также могут использоваться силиказоли кремниевой кислоты. Они связывают белковые соединения в гидрогель.

Силиказоли добавляются не только в охмеленное сусло, но и после завершения сбраживания, перед началом холодной стабилизации пива или перед фильтрацией. Необходимое количество силиказолей берется из расчета 50 см3 золя на гектолитр пива.

**Превращения при охлаждении и осветле­нии сусла**  В сусле остаются скоагулированные белки, которые находятся в состоянии грубого осадка и тонких взвесей (суспен­зий). При понижении температуры они осаждаются. Крупные взвеси осаждаются на протяжении всего процесса охлаждения сусла. Тонкий осадок образуется при снижении температуры до 6-7 °С.

Грубый осадок адсорбирует в значительных количествах железо, медь и другие тяжелые металлы и тем самым предохраняет от их вредного действия дрожжи и пиво, в котором они могут быть причиной коллоидного помутнения.

С понижением температуры (ниже 60 °С) прежде прозрачное сусло начинает мутнеть. Часть веществ, которые хорошо растворялись в горячем сусле, стано­вятся нерастворимыми и выделяются в холодном сусле. Насту­пающее помутнение обусловлено наличием мельчайших частиц диаметром примерно 0,5 мкм. Тонкий осадок на 35 % состоит из ду­бильных веществ и на 65 % из β-глобулина.

Особенно важно выделить из сусла белково-дубильные соединения. Если белково-дубильные соединения остаются в сусле, поступающем на брожение, то сусло приобретает опалесцирующий или мутный вид. При попадании этих соединений в аппараты дображивания в пиве возникает помутнение, которое трудно устранить.

При высоких температурах кислород расходуется на окис­ление органических веществ (мальтозы, глюкозы, фруктозы, азотистых соединений, горьких веществ и хмелевых смол, тани­на). При окислении глюкозы образуется глюконовая кислота, при окислении фруктозы — муравьиная, щавелевая и винная кислоты. В течение 1 ч 1 дм3 сусла способен химически связать 6,4 мг кислорода.

При высоких температурах (85 °С) химически связывается в 5 раз больше кислорода, чем при средних температурах (45 °С). Ниже 40 °С практически никакого окисления в сусле не происходит. Вследствие окислительных процессов сусло стано­вится несколько темнее, а хмелевой аромат и хмелевая горечь значительно ослабляются.

Растворение кислорода, необходимого для дрожжей, возможно лишь при низкой темпера­туре, в сусле оно начинается с температуры ниже 40 °С.

Сусло с температурой 20-40 оС является благоприятной средой для инфицирующей микрофлоры, так как эти условия наиболее оптимальны для размножения вредных для пива микроорганизмов (сарцин, уксуснокислых, молочнокислых и др. бактерий. При брожении, когда в сусло будут введены дрож­жи, возможность инфицирования уменьшается. Для предотвра­щения инфицирования сусло нужно быстро охладить до устано­вочной, начальной температуры брожения 6-7 °С.

Охлаждение сусла сопровождается испарением некоторого ко­личества воды, что приводит к уменьшению его объема и по­вышению концентрации.

Начальная концентрация охлажденного пивного сусла, его кислотность и цветность должны соответствовать виду пива.

Контрольные вопросы.

1. Как производится подработка и дробление солода и несоложеного сырья?

2. Каковы отличия настойного и отварочного способов затирания?

3. Охарактеризуйте технологические режимы разных способов зати­рания?

4. Какие процессы протекают при затирании?

5. Охарактеризуйте основное оборудование, применяемое для фильтрования затора?

6. Каковы особенности кипячения сусла с хмелем?

7. Какие процессы протекают на данной стадии технологии производства пива?

**3 СБРАЖИВАНИЕ ПИВНОГО СУСЛА И**

**ДОБРАЖИВАНИЕ ПИВА**

**Процессы при брожении пивного сусла** В зависимости от температурных условий и применяемых рас дрожжей различают верховое и низо­вое брожение. Сбраживание сусла проходит в **две стадии**: главное брожение и дображивание.

При ***главном брожении*** имеет место интенсивное сбраживание большей части сахаров сусла; в результа­те образуется ***молодое (мутное) пиво***, имеющее своеоб­разные вкус и аромат, еще непригодное к употреблению. ***Дображивание*** характеризуется мед­ленным сбраживанием оставшихся сахаров, осветлением, созрева­нием пива и насыщением его диоксидом углерода. При этом химический состав сусла существенно изменяется и оно превращается во вкусный ароматный напиток.

Во время главного брожения происходят биологические, биохими­ческие и физико-химические процессы.

К ***биологическим процессам*** относится размножение дрожжей. В пивном сусле содержатся все питательные вещества, необходи­мые для нормального размножения и развития дрожжей. Наибо­лее интенсивное размножение дрожжей происходит на начальной стадии главного брожения. Биомасса дрожжей уве­личивается в 3-4 раза.

Основным ***биохимическим процессом*** при главном брожении является превращение сбраживаемых сахаров в этанол и диоксид углерода. Большая часть экстракта сусла состоит из углеводов, в состав которых входят (%): фруктоза — 1-3, глюкоза — 8-10, са­хароза — 2-6, мальтоза — 38-50, мальтотриоза — 11-19, мальтотетраоза — 2-6, декстрины — 14-22. Из них сбраживаются глю­коза, фруктоза, сахароза, мальтоза и мальтотриоза (примерно 75 %). Несбраживаемая часть экстракта представлена декстринами, белками и минеральными веществами.

Сбраживание сахаров происходит в определенной последовательности и обусловлено скоростью их проникновения в дрожжевую клетку. Быстрее всех сбраживаются фруктоза и глю­коза. Сахароза гидролизуется ферментом β-фруктофуранозидазой до глюкозы и фруктозы, которые также потребляются дрожжами.

Далее дрож­жи начинают потреблять мальтозу, которая под действием мальтазы расщепляется на две молекулы глюкозы. Мальтоза почти полностью сбраживается при главном брожении.

Мальтотриозу дрожжи сбраживают лишь частично при глав­ном брожении и медленно при дображивании. В сусле, богатом мальтозой, мальтотриоза ожет остаться несброженной.

Основными ***конечными продуктами*** спиртового брожения являяются этанол и диоксид углерода. Среди ***вторичных продуктов*** бро­жения в сусле находятся глицерин, уксусный аль­дегид, пировиноградная, уксусная, янтарная, лимонная и молоч­ная кислоты, ацетоин (ацетилметилкарбонал), 2,3-бутиленгликоль и диацетил. Преобладающие кислоты — ук­сусная и янтарная, а также 2,3-бутиленгликоль и уксусный альдегид; в незначительных количествах — ацетоин и лимонная кислота.

Сопутствующим процессом является образование из аминокислот высших спиртов, которые оказывают большое влияние на вкус и аромат пива. Это ***побочные продукты*** брожения.

Под действием эстераз дрожжей из альдегидов образуются слож­ные эфиры. В процессах эфирообразования также участвуют высшие спирты и кислоты.

Нежелательный компо­нент пива, придающий ему своеобразный медовый запах и при­вкус, - это диацетил. Он образуется дрожжами в начале главного брожения. В стадии дображивания и созревания молодого пива количество диацетила значительно уменьшается, так как с изменением условий он восстанавливается в ацетоин. Однако ацетоин, в свою очередь, может быть причиной так называемого подвального (затхлого) привкуса пива. Содержание ацетоина в пиве 1 мг/дм3 считают нормальным, но с повышением его со­держания от 2,3 до 5,3 мг/дм3 появляется затхлый привкус пива.

Образованию ди­ацетила способствуют все технологические приемы, сопровождающиеся переходом анаэробного процесса в аэробный,.

Все высшие спирты (пропиловый, изобутиловый, изоамиловый, амиловый, тирозол, триптофол) обладают характерным запахом и дают слож­ные эфиры, которые приобретают приятные, смягченные запахи, влияющие на образование аромата и вкуса пива. С изменением концентрации некоторых веществ запахи меняются и, входя в композицию в необходимом количестве, существенно улучшают общий аромат.

Сбраживание сусла сопровождается изменением рН. Началь­ное сусло при введении в него дрожжей имеет рН 5,3-5,6 (до 6,0), а молодое пиво — рН 4,2-4,6. Понижение рН происходит вследствие образования углекислоты и органических кислот, главным образом, янтарной и молочной. Наибольшее понижение рН происходит на третий день брожения.

Значительно быстрее, чем рН, при брожении изменяется гН2 (окислительно-восстановительный потенциал). В сбраживаемом сусле уменьшается количество продуктов окисления и накапливается количество продуктов восстановления, что и приводит к понижению гН2. В охлажденном сусле гН2 > 20. Как только начинается интенсивное брожение, гН2 понижается до 10-11.

Большую роль в изменении гН2 играют дрожжи. Они тормозят окислительные процессы, быстро поглощая растворенный в сусле кислород, расходуя его на обменные реакции. Выделяющийся диоксид углерода вытесняет кислород из сусла, что также замедляет окисление. При интенсивном брожении весь растворенный кислород потребляется дрожжами и гН2 сни­жается до минимума, достигая 10.

Чем ниже величина гН2 в процессе брожения, тем выше каче­ство получаемого пива. При высоком значении гН2 сусло и моло­дое пиво становятся темнее, ухудшается вкус готового пива, может появиться муть.

Из других ***физико-химических процессов*** важное значение для брожения имеют коагуляция белковых веществ и пенообразова­ние. Коагуляции белковых веществ способствуют образование спирта, эфиров и понижение рН сусла. Белки частично денатурируют, частично теряют свой заряд и флокулируют. Происходит выделение некоторых фракций белков в виде крупных агрегатов с одновременной агглютинацией и осаж­дением дрожжей. В основном выделяются белковые вещества, изоэлектрическая точка которых близка к рН молодого пива. Осаждается также и часть тонких взвесей (белково-дубильные соедине­ния), которые поступили в бродильный аппарат с суслом.

Образующийся в ходе брожения диоксид углерода снача­ла растворяется в сбраживаемом сусле, а по мере насыщения сусла выделяется в виде газовых пузырьков, в результате чего формируется пена. На поверхности газовых пу­зырьков появляется адсорбционный слой поверхностно-активных веществ из белков, пектина и хмелевых смол. В процессе брожения сусла внешний вид пены изменя­ется: в определенный период она напоминает завитки. Основу для образования завитков создают коагулируемые белки и выделяемые хмелевые смолы, а их формирования — диоксид углерода.

**Дрожжи, используемые для производства пива** Возбудителями брожения являются дрожжи– одноклеточные микроорганизмы растительного происхождения. В производстве пива пивоварении используются эукариотные дрожжи верхового брожения Saccaromyces cerevisiae и низового брожения Saccaromyces carlsbergensis.

Дрожжи верхового брожения в конце брожения поднимаются на поверхность. Для них характерно взвешенное в сусле состояние. Поэтому их называют ***пылевидными****.* Дрожжи низового брожения после брожения оседают на дно танка плотным слоем. В сусле они собираются в виде хлопьев, поэтому их называют ***хлопьевидными****.* Эта способность дрожжей имеет важное практическое значение — быстро осветляется пиво и появляется возможность собирать дрожжи из бродильных танков и многократно их использовать.

По степени сбраживания дрожжи делятся на высоко- и низко-сбраживающие.

В пивоварении пива наибольшее распространение получили штаммы низовых дрожжей: 776, 11, 41, 44, 8а (М) Н, 37 и др.

Штамм 776 — дрожжи среднесбраживающие. Хорошо осветля­ют сусло, образуют плотный осадок. К качеству сырья нетребовательны.

Штаммы 11, Н — дрожжи сильно- и быстросбраживающие. К качеству сырья неприхот­ливы. Флокуляционная способность хорошая. Вкус пива полный.

Штаммы 41, 44 — дрожжи среднесбраживающие. Способность к агглютинации хорошая. Вкус пива чис­тый, мягкий.

Штамм 8а (М) — дрожжи сильносбраживающие. Флокуляционная способность хорошая. Вкус пива чис­тый, мягкий.

Для отдельных сортов темного пива применяются специальные расы дрожжей верхового брожения.

Дрожжи должны отвечать следующим требованиям: иметь высокую бродильную активность, хорошо образовывать хлопья и осветлять пиво в про­цессе брожения, придавать пиву чистый вкус и приятный аромат.

Дрожжи чистой культуры, как правило, разводят в лаборатории предприятия. При этом необходимо обеспечить стерильность сусла.

***Подготовка чистой культуры дрожжей*** к брожению сводится к накоплению их биомассы в количестве, необходимом для начала процесса бро­жения. Процесс разведения состоит из двух стадий: лабораторной и производственной.

Первая стадия начинается с пересева чистой культуры дрожжей из пробирки. При последовательном пересеве культуры объем сусла увеличивается каждый раз примерно в 5 раз: 20 см3 — 100 см3 — 500 см3 — 2,5 дм3 — 12 дм3 — 60 дм3 — 300 дм3.

Производственная стадия осуществляется в установке Грейнера, состоящей из стерилизатора сусла, бродильных цилин­дров, сосудов для посевных дрожжей и резервуара для предвари­тельного брожения.

Чистую культуру разводят следующим образом. В стерилизатор набирают горячее охмеленное сусло, кипятят и охлаждают до 8-12 °С. Долее сусло направляют в бродильный цилиндр, куда переносят разводку чистой культуры дрожжей после пятого пересева.

Сбраживание сусла продолжают в течение 3 сут. При этом дрожжи размножаются и их биомасса увеличивается. После брожения из цилиндра отбирают часть разводки дрожжей (10 дм3) в сосуд для посевных дрожжей, где она хранится до следующего пересева. Основную часть разводки дрожжей из цилиндра перека­чивают в резервуар предварительного брожения, куда подают за­водское охмеленное сусло температурой 9 оС. В резервуаре предва­рительного брожения дрожжи размножаются также в течение 3 сут.

На следующих циклах бродильные цилиндры, освобожденные от дрожжей, заполняют стерильным суслом из стерилизатора и за­севают дрожжами, хранящимися в сосудах (10 дм3). Процесс раз­множения дрожжей в аппарате конструкции Грейнера повторяют многократно до обнаружения в дрожжах посторонней микро­флоры.

Сброженная биомасса из резервуара предварительного броже­ния поступает в бродильный аппарат вместимостью 1000 дм3, куда доливают 300 дал заводского охмеленного сусла, а через 12 ч — еще 400 дал. Через 36 ч забродившее сусло можно вносить в качестве дрожжей в аппарат главного брожения. Осевшие при броже­нии ***семенные дрожжи*** снимают, промывают холодной водой и используют в производстве.

Каждый оборот дрожжей называется ***генерацией.***На практике семенные дрожжи после пред­варительной подготовки используются до 10 генераций.

Повторно ис­пользуемые генерации дрожжей должны удовлетворять следую­щим требованиям: количество мертвых дрожжевых клеток должно быть не выше 5 %; наличие посторонних бактериальных клеток — не выше 0,5 %; упитанность дрожжевых клеток по гликогену — нениже 70 %; наличие диких клеток дрожжей — не допускается.

Семенные дрожжи после брожения направляются в дрожже­вое отделение, где их обрабатывают на вибросите для отделения крупных хлопьев белковых веществ и хмелевых смол, а затем тщательно промывают холодной водой температурой 1-2 оС. В результате освобождения от слизистых веществ, обволакивающих поверхность клеток, повышается проницаемость клеточных оболочек.

Ежедневный уход за дрожжами заключается в смене воды и поддержании в сборнике температуры 1-2 °С. В таких условиях под слоем холод­ной воды дрожжи могут сохраняться в хорошем состоянии в тече­ние 3-4 сут.

Для удаления посторонней микрофлоры дрожжи обрабатывают слабым раствором серной, молочной, фосфорной или др. кислот.

При использовании для введения в сусло семенных дрожжей предварительно производят так называемое ***разбраживание дрожжей***. Для этого отобранные для введения семенные дрожжи смешивают в специальном аппарате с холодным пивным суслом из расчета от 2 до 6 л сусла на 1 дм3 дрожжей. Сусло с дрожжами перемешивают мешалкой или продувают стерильным воздухом.

После перемешивания сусло оставляют на 1-3 ч для разбражи-вания при температуре, не превышающей установочной темпе­ратуры брожения (6 °С). Оптимальной продолжительностью разбраживания считается такая (2-3 ч), при которой начинается интенсивное почкование дрожжей, а количество образовавшегося спир­та достигает 0,3 %.

Затем сусло с дрожжами вводят в сусло, находящееся в бродильном танке. Бродильный аппарат за­полняют суслом в 2-3 приема. Заполнение считают закончен­ным, когда в нем остается незаполненным 10-15 % объема.

**Главное брожение** Процесс брожения зависит от ряда факторов: способа сбражи­вания, состава сусла, температуры брожения, величины бродиль­ного аппарата, но наибольшее значение имеет штамм дрожжей, от которого зависят вкус и аромат готового пива. Наиболее пригод­ными считаются быстро сбраживающие дрожжи, которые обеспечивают хорошее осветление и мягкий чистый вкус пива.

Главное брожение протекает в несколько стадий. Они отлича­ются друг от друга и характеризуются изменением внешнего вида поверхности бродящего сусла, изменением температуры, пониже­нием экстрактивности сусла и степенью осветления молодого пива.

***Первая стадия*** брожения, характеризующаяся образованием на поверхности сусла нежно-белой пены, называется ***забелом.***Через 15-20 ч после задачи дрожжей появляются первые признаки бро­жения. Становится заметным выделение углекислоты и появление нежно-белых пузырьков пены. Сначала пузырьки пены появляют­ся по краям сусла. У стенок бродильного чана образуется валик белой пены. Затем постепенно вся поверхность сусла затягивается равномерным слоем белой пены. К концу первой стадии брожения в пене начинают появляться незначи­тельные выделения хмелевых смол и белковых веществ. Экстрактивность сусла снижается с 0,2 до 0,5 % в сутки.

Начальная стадия брожения продолжается 1-1,5 сут и характе­ризуется главным образом размножением дрожжей.

***Вторая стадия*** брожения – это ***период низких за­витков.*** Выделение пузырьков углекислоты становится более интенсивным, что обусловлено полноценностью питательной среды для дрожжевых клеток. Стадия характеризуется образованием густой, белой, компакт­ной, поднимающейся пены, которая по внешнему виду представ­ляет собой завитки красивой формы. За счет усиленного выделения хмелевых смол завитки окрашиваются в желто-коричневый цвет.

Продолжительность стадии 2-3 сут. Экстрактивность сусла также понижается на 0,5-1,0 % в сутки.

***Третья стадия***, называемая ***стадией высоких завитков***, харак­теризуется наибольшей интенсивностью брожения. Спиртовое брожение сахаров приводит к повышению темпе­ратуры сбраживаемой среды, так как при сбраживании 1 кг са­хара выделяется 628 кДж тепла. В результате на 4-е или 5-е сутки пенообразование усиливается. Пена становится рыхлой, силь­но поднимается вверх, и завитки достигают наибольшей величи­ны. Поверхность пены приобретает характерный коричневый цвет. Убыль экст­ракта в сутки достигает 1-1,5 %. Стадия продолжается 3-4 сут.

***Четвертая стадия*** — ***стадия*** ***опадания завитков*** — характеризуется постепенным опаданием пены, хлопьеобразованием дрожжей, исчезновением завитков, в ре­зультате чего поверхность сусла покрывается тонким слоем ко­ричневой пены, называемой покрышкой или декой. Опадание завитков продолжается двое суток. Экстрактивность сбраживаемого сусла понижается на 0,5-0,2 % в сутки. Оседание дрожжей приводит к пре­кращению брожения и осветлению пива. Процесс главного бро­жения считается законченным. Полученный к концу этой стадии продукт называют молодым пивом.

Для поддержания температуры на оптимальном уровне внутри бродильных аппаратов имеются стационарные или переносные змеевики, через которые пропускают холодную воду (0,5-1 оС) или рассол.

**Технологические режимы главного брожения** Главное брожение осуществляют в закрытых и открытых цилиндрических бродильных аппаратах (танках с коническим днищем) из нержавеющей стали, алюминия или железобетона.

Наиболее распространены закры­тые танки цилиндрической формы. В таких бродильных танках вся дека при перекачивании пива в лагерные танки остается на верхней сферической части и стенках. Все современные пи­воваренные заводы оборудуют такими бродильными танками.

Для удобства эксплуатации бродильные танки монтируют на специальных подставках на высоте 50-60 см от уровня пола. Бро­дильные танки немного наклоняют в сторону спускных отверстий, для того чтобы пиво полностью стекало с дрожжей, а также для лучшего спуска дрожжей и смывных вод.

Заполнение и опорожнение таких аппаратов производят снизу. Вместимость одного бродильного аппарата и одного аппарата для дображивания подбирают с учетом объема сусла или моло­дого пива, получаемого от одного или двух заторов. Число аппа­ратов определяют в зависимости от числа варок в сутки и про­должительности процессов главного брожения, дображивания и созревания.

Ведение главного брожения включает такие основные тех­нологические операции, как наполнение бродильных аппаратов суслом, введение в сусло дрожжей, сбраживание сусла, перека­чивание молодого пива на дображивание и отъем дрожжей. Процесс осуществляют периодическим или полунепрерывным способом.

Охлажденное до необходимой температуры брожения (5-7 оС) начальное сусло поступает в бродильный аппарат предварительного брожения. Это необходимо для получения сусла однородного состава и улучшения процесса брожения за счет час­тичного выпадения в осадок белков и других веществ. По истече­нии 20-24 ч забродившее сусло перекачивают в бродильные тан­ки, не трогая образовавшийся на дне чана осадок.

В сусло на пути его следования вводят дрожжи в виде технически чистой культуры или семенных дрожжей из расчета 0,4-0,7 дм3 на 100 дм3 сусла. Задаваемые дрожжи должны быть свежими, хорошо промытыми, с приятным запахом, светлыми и обладать нормальной бродильной способностью.

Дрожжи поступают в суслопровод под давлением или засасываются потоком сусла (тип инжектора).

На многих заводах дрожжи с холодным суслом перемешивают в монжю путем продувания стерильным воздухом, или диоксидом углерода, или механическим перемешиванием. Различают два ре­жима брожения: холодное (дрожжи вносят при 5-6 °С, макси­мальная температура 8-9 °С и конечная 4,5-5,5 °С) и теплое (дрожжи вносят при 9 °С, максимальная температура 12-13 °С и конечная 6-7 °С).

Температура при брожении не должна подниматься выше установленной. Необходимо своевременно установить момент начала охлаждения. Охлаждение сусла раньше установленного срока вызывает ослабление деятель­ности дрожжей.

Запоздалое охлаждение также нежелательно, так как при этом будет сброжено больше экстракта, поэтому для дображивания и нормального насыщения пива диоксида углерода останется недо­статочно.

Во время главного брожения выделяется большое количество СО2. На многих пивоваренных заводах, где брожение ведут в зак­рытых танках, СО2, образующийся при брожении, собирают и ис­пользуют для промышленных целей.

К концу брожения дрожжи оседают на дно. Из-за горького вкуса осевшую пену обязательно удаляют с поверхности сусла. Осветлившаяся жидкость называется ***молодым пивом****,* оно не является товарным продуктом. В нем, помимо этилового спирта и углекислого газа, накапливается ряд побочных продуктов, участвующих в создании вкуса и аромата. Процесс главного брожения завершается за 7-10 сут (для пива «Жигулевское» - 7 сут).

Для получения пива хорошего качества молодое пиво должно быть выброжено так, чтобы для процесса дображивания в нем осталось около 1-1,5 % сбраживаемых угле­водов.

**Показатели качества сусла** На практике окончание главного брожения определяют по видимому содержанию сухих веществ в молодом пиве.

Основным показателем, характеризующим окончание главного брожения, является ***степень сбраживания***. Степенью сбраживания V, %, называется количество сброженного экстракта сусла, выражен­ное в процентах, к содержанию сухих веществ исходного сусла

 V = [(Е - е) • 100] / Е, (4)

где *Е* —содержание сухих веществ в исходном сусле по сахариметру, %; содержание сухих веществ в молодом пиве по сахариметру, %.

Различают кажущееся (видимое) и действительное содержание экстракта. ***Видимый экстракт*** определяют в продукте при наличии в нем спирта и углекислоты, а ***действительный*** — после удаления последних по относительной плотности пикнометрическим методом.

Величина видимого экстракта сбраживаемого сусла и пива всегда меньше величины дей­ствительного экстракта, так как сахарометр погружается в спиртосодержащей жидкости глубже и соответственно показывает величину меньше действительной. Приближенно Vд = 0,81 Vвид.

Для качества готового пива большое значение имеет достижение конечной степени сбраживания (выс­шей видимой степени сбраживания), которая наступает при пол­ном сбраживании всех сбраживаемых сахаров.

Степень сбраживания готового пива должна приближаться к конечной степени сбраживания, так как при содержании сахаров в нем легко развиваются дрожжи и бактерии. Кроме того, высокое содержание несброженного сахара обусловливает слабость пива, что для большинства сортов пива нежелательно.

Три степени сбраживания (конечная, молодого и готового к выпуску пива) должны находиться в определенном соотношении между собой. Видимая степень сбраживания молодого пива должна быть на 10-15 % меньше степени сбраживания готового пива, а степень сбраживания готового пива при розливе — мень­ше конечной степени сбраживания на 3-5 %.

Перекачиваемое в отделение дображивания молодое пиво должно содержать определенное количество сбраживаемого экстракта (около 1 %), чтобы во время дображивания достига­лось нормальное насыщение пива диоксидом углерода.

Для биологической стойкости получаемого пива большое зна­чение имеет разница между конечной степенью сбраживания и степенью сбраживания пива. Если между ними будет большая разница, то микроорганизмы (дрожжи и бактерии) на­ходят в разлитом пиве сбраживаемые вещества и размножаются в нем, вызывая помутнение. При приближении степени сбраживания к высшему пределу получается более стойкое пиво.

О протекании главного брожения можно судить по накопле­нию основного продукта брожения — спирта и выделению диокси­да углерода, но в производстве с этой целью определяют убыль экстрактивных веществ в сбраживаемом сусле.

Данные о сбраживании экстракта и накоплении спирта в ходе главного брожения приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Изменение основных показателей сусла во время главного брожения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Дни | Видимый экстракт по  | Содержание, % | Степень сбраживания, % |
| брожения | сахариметру, % | действительного экстракта | алкоголя | видимая | действи-тельная |
| До брожения | 11,2 | - | - | - | - |
| 1 | 11,0 | 11,07 | 0,11 | 2,2 | 0,7 |
| 2 | 10,1 | 10,45 | 0,47 | 10,2 | 7,1 |
| 3 | 8,8 | 9,41 | 0,99 | 21,8 | 16,4 |
| 4 | 7,1 | 7,85 | 1,67 | 34,9 | 30,2 |
| 5 | 5,6 | 6,65 | 2,27 | 50,2 | 40,9 |
| 6 | 4,9 | 6,08 | 2,56 | 58,4 | 45,9 |
| 7 | 4,6 | 5,83 | 2,68 | 59,1 | 48,2 |
| 8 | 4,5 | 5,75 | 2,72 | 60,0 | 48,9 |

Главное брожение считается законченным, если произошло осветление молодого пива, а за сутки сброжено 0,15-0,2 % экстракта сусла.

Более точно окончание главного брожения устанавливают по достижении необходимого видимого экстракта, определяемого в молодом пиве по сахариметру. Длительность главного брожения зависит от экстрактивности сусла и температуры брожения. При холодном способе продолжительность брожения сусла с экстрактивностью 11-13 % составляет 7-8 сут, 14-20 % — 9-12 сут.

**Дображивание** **пива**  Оно способствует окончательному формированию потребительских достоинств пива. Для этой операции молодое пиво перекачивают в герметично закрывающиеся металлические танки лагерного цеха, внутренняя поверхность которых покрыта специальным лаком.

При созревании пива происходят различные окислительно-восстановительные реакции, в результате которых исчезают ха­рактерные для молодого пива привкус дрожжей и хмелевая го­речь (происходит коагуляция хмелевых смол). Вкус пива становится мягче, нежнее. В результате дображивания остаточного экстракта несколько возрастает крепость пива и происходит его осветление.

При дображивании и выдержке пива в основном протекают те же процессы, что и при главном брожении, но более медленно. Уменьшение скорости биохимических процессов обусловлено в основном более низкой температурой и меньшим количеством дрожжевых клеток в единице объема сбраживаемого продукта, так как основная масса дрожжей удаляется из него после окончания главного брожения.

По мере дображивания окислительно-восста­новительный потенциал пива понижается: через 2-3 нед добра­живания гН2 пива с 22 снижается до 10-11. В этот период проис­ходят внутримолекулярное окисление многих неустойчивых ве­ществ и образование тонкой окислительной мути, трудно удаляе­мой методом фильтрования. Поэтому стремятся удалить эту муть естественным путем, т.е. осветлением. Осветление является вто­рой фазой дображивания и выдержки пива и заключается в том, что оседающие дрожжи сорбируют белковую муть и другие взвеси, увлекая их на дно лагерного танка.

***Цель дображивания*** — карбонизация пива, т.е. насыщение пива СО2 — важнейшей составной частью пива, которая придает пиву приятный и освежающий вкус, способствует пенообразова­нию, предохраняет пиво от соприкосновения с кислородом возду­ха, служит консервантом, подавляя развитие посторонних и вред­ных микроорганизмов.

Молодое пиво после главного брожения содержит около 0,2 % растворенной углекислоты, а готовое пиво — не менее 0,35-0,40 %.

При дображивании пиво осветляется. Это обусловлено выпа­дением в осадок дрожжей, которые адсорбируют на себе белко­вую муть и другие взвеси. Также происходят коагуляция и осаждение хмелевых смол, белковых и дубильных веществ.

Взаимодействие различных первичных и вторичных продуктов главного и побочных процессов приводит к образованию новых веществ, обусловливающих вкус и аромат зрелого пива.

Молодое пиво поступает по пивопроводу в аппарат для дображивания са­мотеком или подается центробежным насосом, если бродильное отделение находится на одном уровне с отделением дображива­ния пива.

Наполнение аппаратов производится только снизу. Благодаря этому образуется меньше пены и теряется мало диоксида угле­рода. До половины объема аппараты заполняют быстро, а затем вследствие образования пены наполнение производят с переры­вом и после почти полного заполнения слегка шпунтуют.

Аппараты заполняют постепенно, в несколько приемов в те­чение 1-2 сут. При этом молодое пиво распределяют равномер­но сразу в несколько аппаратов для дображивания. Молодое пиво следующих очередных варок распределяют по тем же аппа­ратам. Такой метод заполнения позволяет выравнивать качество пива, получать более однородный по вкусу, цвету и химическому составу продукт. Однако в течение 2 сут аппарат должен быть заполнен: в незаполненном аппарате повышается опасность инфицирования пива и создаются неблагоприятные условия для насыщения пива диоксидом углерода вследствие его улетучивания.

Аппараты для дображивания наполняют на 0,98-0,96 их вме­стимости, оставляя 0,02-0,04 вместимости незаполненной (газо­вое пространство).

При заполнении аппаратов пивом шпунтовое отверстие слегка закрывают и оставляют в таком виде до шпунтования.

Под ***шпунтованием*** понимают поддержание определенного избыточного давления, под которым должно находиться дображиваемое пиво. Прибор, поддерживающий заданное давление в аппарате для дображивания и удаляю­щий из него избыток диоксида углерода в помещение, называют шпунтаппаратом.

Шпунтование заполненных аппаратов производят спустя не­сколько дней (1-3) после заполнения, когда весь воздух, нахо­дящийся над поверхностью пива, будет вытеснен диоксидом угле­рода, образующимся в ходе дображивания, и таким образом создадутся полностью анаэробные условия. При немедленном шпунтовании над пивом еще остается большое количество возду­ха, который при повышенном давлении будет растворяться в пиве, а содержащийся в нем кислород оказывать неблагоприятно» влияние на процессы созревания пива.

К шпунтовому штуцеру аппарата присоединяют шпунтаппарат, который отрегулирован на определенное избыточное давление (от 0,03 до 0,06 МПа) в зависимости от температуры дображивания и прочности аппарата. При низкой температуре шпунтаппарат устанавливают на более низкое давление, а при повышенной температуре и наиболее коротком сроке дображивания пива — на более высокое. Показания шпунтаппарата зависят от выделения диоксида углерода, характеризующего интенсивность сбраживания остаточного экстракта.

В ходе дображивания наблюдают за давлением в аппаратах, осветлением пива и температурой в отделении дображивания. При нормальных условиях дображивания оптимальное шпунто­вое давление достигается через 6-10 сут. Если дображивание протекает медленно, вяло, то в дображиваемое пиво из бродиль­ного аппарата вводят 5 % пива, находящегося в начальной ста­дии высоких завитков и содержащего большое количество сбраживаемых сахаров и энергично бродящих дрожжей.

Дображивание пива проводят при температуре от 0 до 2 °С в течение 11-100 сут в зависимости от сорта. Продолжи­тельность дображивания составляет 21 сут для пива «Жигулевское» и 90 сут для пива «Портер».

За 1-2 сут до окончания установленного срока созревания отбирают пробы из аппаратов, предназначенных к розливу, и определяют химические показатели пива, характеризующие его качество (содержание алкоголя, диацетила, кислотность, цвет­ность и др.) а также видимую и действительную степени сбраживания. Если пиво по химическим показателям удовлетворяет требованиям стандарта, то производственная лаборатория выдает паспорт и дает разрешение на его розлив. При наличии каких-либо отклонений пиво оставляют в отделении дображивания для дальнейшего созревания или соот­ветствующей обработки.

Контрольные вопросы.

1. Какие биологические, биохими­ческие и физико-химические процессы происходят при главном брожении?

2. В чем заключается подготовка чистой культуры дрожжейк брожению?

3. Что такое семенные дрожжи?

4. Как целесообразно проводить стадию главного брожения?

5. Каковы особенности стадии дображивания пива?

6. За счет чего молодое пиво превращается во вкусный и ароматный напиток?

**4 ОСВЕТЛЕНИЕ И РОЗЛИВ ПИВА**

**Осветление пива** Для придания товарного вида пива и желаемой прозрачности после дображивания и созревания его осветляют с помощью сепа­рирования или фильтрования. Фильтрацию предусматривают для повышения сроков реализации, так как при долгом хранении находящиеся в нефильтрованном пиве дрожжи (а именно они служат накопителями биологически активных веществ – биотина и др.) продолжают накапливать биомассу. В силу этого пиво становится непрозрачным, на дне появляется сероватый осадок, изменяется аромат пива. В конечном счете пиво теряет свой эстетический вид.

Чтобы предотвратить это, пиво подвергают очистке от дрожжей с помощью фильтрации. При этом напиток частично теряет углекислоту и часть сухих веществ. Но после фильтрования в пиве остаются витамины и ферменты, улучшающие самочувствие и пищеварение. Фильтрованное пиво называют «живым» из-за свойства положительно влиять на обмен веществ. «Живое» пиво хранят при температуре 10-12 оС. Срок его реализации до 30 сут.

Предварительная фильтрация пива осуществляетсяна **кизельгуровых фильтрах** с горизонтальными элементами. При этом из пива удаляют нахо­дящиеся во взвешенном состоянии дрожжевые клетки, белковые и полифенольные вещества, хмелевые смолы, соли тяжелых ме­таллов и различные микроорганизмы.

В качестве фильтрующего слоя в этих фильтрах применяется кизельгур, представляющий собой тонкий порошок известнякового происхождения. В зависимости от применяемой марки кизельгура можно обеспечить требуемую степень фильтрации.

Окончательное стерильное фильтрование (холодная фильтрация) осуществляетсяна **пластинчатых фильтрах**, где расходным материалом является фильтр-картон. Это необходимо для придания прозрачности, блеска, а также повышения стойкости при хранении.

В процессе осветления пиво теряет значительную часть диоксида углерода, поэтому допускается дополнительная его **карбонизация** перед розливом путем продувки через пиво диоксида углерода. Последующяя выдержка составляет 4-8 (до 12 ч) для ассимиляции углекислоты.

Затем пиво направляют на розлив.

**Розлив пива** Характерная для пивных заводов высокая производительность предъявляет особые требования к оборудованию линий розлива. Все части линии должны четко взаимодействовать, обеспечивая безостановочную работу. Оптимальным решением является объединение в одном автомате блоков, выполняющих различные функции. **Моноблоки** SRT серии«Ополаскиватель - розлив – укупорка», например, разработанные и произведенные в Италии компанией ФРУКТОНАД ГРУПП, соответствуют всем требованиям, предъявляемым к линиям розлива пива. Основные преимущества моноблоков этой серии - это компактность, синхронизация, гибкость и экономическая эффективность.

Пиво - живой продукт. Поэтому оно требует высокой культуры производства и технологической дисциплины. Что же касается оборудования для розлива пива, то качество его исполнения должно обеспечивать микробиологическую чистоту и возможность быстрой и качественной промывки и дезинфекции. Все модели моноблоков SRT с одинарным или двойным вакуумированием изготовлены из нержавеющей стали 304 и 316, стальных сплавов и допущенных органами Госсанэпиднадзора к контакту с пищевыми продуктами пластических материалов, которые делают мойку, стерилизацию и эксплуатацию легкой и быстрой и гарантируют более длительный срок службы.

Кроме того, благодаря удалению воздуха из бутылок потенциальное загрязнение существенно уменьшено. Производители пива оценили преимущества использования моноблоков. Оборудование оснащаетсяуникальной системой повышения стойкости пива в PET бутылках за счет удаления воздуха из них при помощи регулируемого вакуума. Данная система позволяет увеличить до полутора раз стойкость пива в PET бутылках.

Пиво, бутылочный квас, а также минеральные воды содержат диоксид углерода, поэтому их разливают под некоторым избы­точным давлением и без перепадов давления — изобарически. Для этого в таре (бутылке, бочке, автоцистерне) сначала создают давление, равное тому, под которым находится разливаемая жид­кость, а затем приступают к наполнению тары напитком. Темпе­ратура пива при розливе не должна превышать 3 °С.

Пиво разливают по уровню в автоматах Р-3, Р-6 и РУ-12 и др. соответственно производительностью 3300, 6600 и 13000 бутылок/ч. Бутылки, в которые поступает пиво или безалкогольные газированные напитки под избыточным давлением 0,05-0,3 МПа, укупоривают стальными колпач­ками с упругой пробкой или синтетической прокладкой. Для этой цели используют укупорочные автоматы, например У6-А производительностью 6000 бутылок/ч.

Потери пива при фильтровании составляют 1,55 %, при роз­ливе в бутылки — 2, в бочки — 0,5, при бестарной перевозке — 0,33 %.

Пиво разливают в деревянные и металлические бочки, автотермоцистерны и бутылки. Применяют также новые полимерные бутылки вместимостью 1,5 и 2 дм3. Недостаток полимерной тары - ее низкая терморезистентность.

Наиболее распространены бочки вместимостью 50 и 100 дм3 и металлические бочки типа ***кег*** - вместимостью 20 и 30 дм3. Также пиво разливают в алюминиевые банки по 0,33 дм3 и 0,5 дм3.

Напитки, фасуемые в пластмассовую тару, могут быть пастеризованы либо в потоке перед розливом, либо в автоклаве и установках с противодавлением. Вследствие высокой термолабильности тары необходимо точно соблюдать температурный режим, чтобы не допустить ее деформации и разрывов. При микроволновой пастеризации нагревается только продукт, а температура материала тары повышается лишь за счет теплопередачи. Тем самым уменьшается температура тары и снижается вероятность ее деформации.

Рядом фирм разработаны полимерные материалы, предназначенные для производства упаковок, обрабатываемых в микроволновых установках. В Великобритании, например, опубликован обзор положения дел на рынке высокобарьерной полимерной тары для пищевых продуктов, приготовляемых в микроволновых печах. Наиболее распространен полипропилен в сочетании с сополимерами этилена (винилового спирта или поливинилиденхлорида).

Фирма CONTINENTAL CAN (США) выпустила систему TEDEPLAST на основе полипропилена и материалов, обладающих барьерными свойствами. Система предназначена для стерилизованных пищевых продуктов, обрабатываемых в микроволновых установках. Материал отличается высокой теплостойкостью и прочностью, из него можно изготовить тару с любой укупоркой.

Розлив пива предусматривает проведение следующих операций: подготовка стеклянной тары и ящиков, мойка тары; розлив пива в тару; укупорка бутылок; бракераж; наклейка этикеток; укладка бутылок.

Разливают готовое пиво на механизированных и полностью автоматизированных линиях в бутылки из оранжевого и темно-зеленого стекла вместимостью 0,33 и 05 дм3 или в дубовые, буковые и алюминиевые бочки по 50, 100 и 150 дм3. В настоящее время на основе проведенного конкурса для пивобезалкогольной продукции рекомендованы бутылки типа «Евро», выдерживающие внутреннее давление до 8 кгс/см2, что позволяет выпускать напитки с большим содержанием углекислоты. Наполненные пивом бутылки герметизируют кронен - пробками. Для придания стойкости при хранении пиво пастеризуют в бутылках при температуре б5-70 °С в течение 20-30 мин или в потоке, используя пластинчатые теплообменники.

Перед выпуском в торговую сеть бутылки с пивом обрабатывают, с одной стороны, для того, чтобы улучшить их внешний вид, поскольку сама бутылка мало привлекательна с эстетической точки зрения, и с другой - для того, чтобы было указано содержимое бутылки и его завод-изготовитель. Бутылки должны быть снаружи чистые и блестящие, без серого налета от споласкивающих вод, имеющих высокую карбонатную жесткость и при окончательном орошении водой должны быть вымыты от остатков пива на их поверхности.

Важной частью производства является оформление бутылок. Широко применяются высокоточные **этикетавтоматы** для нанесения всех видов этикеток производительностью до 50000 бутылок/ч.

Этикетки содержат информацию о товарном знаке, наименовании предприятия-изготовителя и его подчиненности, вместимости бутылки, дате розлива и обозначении стандарта. Пастеризованное пиво имеет на этикетке дополнительную надпись «Пастеризованное». Горлышко бутылок с оригинальными сортами пива обертывают фольгой.

Для транспортирования и кратковременного хранения в розничной сети бутылки с пивом укладывают в дощатые и металлические ящики, в металлические корзины, а также ящики из гофрированного картона или полимерных материалов. Пиво должно быть защищено от действия света и мороза. В торговые точки, оборудованные стационарными резервуарами, или на базы розлива пиво перевозят в автоцистернах.

В маркировке ящиков, бочек и цистерн указывают наименование завода-изготовителя, название пива и другие сведения, предусмотренные стандартами.

**Пастеризация пива** Пиво пастеризуют для увеличения биологической стойкости, более полного освобождения его от дрожжей и других микроорганизмов. Однако пастеризацией не обеспечивается стерильность пива, для достижения которой необходима более высокая температура.

Пиво, разлитое в бутылки и банки, должно содержать массовую долю диоксида углерода не менее 0,4 %. Присутствие кислорода воздуха в горлышке бутылки повышает склонность пива к образованию физико-химических помутнений.

При пастеризации возрастает внутреннее давление в бутылке, что приводит к ее разрыву. Поэтому бутылки после розлива должны иметь свободное пространство в горлышке в пределах 3-4 %.

Режим пастеризации зависит от сорта и типа пива, применяемой тары и должен устанавливаться в зависимости от условий его производства и последующего хранения.

В том случае, если требуется получить пиво особенно высокой биологической стойкости, его пастеризуют в бутылках и банках, уничтожая при этом клетки дрожжей или бактерии, которые проявляют свое действие при определенных условиях. Пиво при этом подогревают до 63-65 °С и выдерживают 20-25 мин.

Пастеризация может отрицательно влиять на коллоидную стабильность пива. Также после пастеризации при сравнительно высоких температурах (75-76 °С) во многих случаях выявляется пастеризационный (хлебный) привкус.

Для пастеризации пива применяют туннельные и пластинчатые пастеризаторы.

Благодаря сохраняемости продукта и неизменяемости его качества, достигнутым в результате пастеризации, можно поддерживать количество производимой продукции на постоянном уровне, и тем самым выравнивать и удовлетворять сезонно обусловленные колебания спроса.

Контрольные вопросы.

1. Каково назначение осветления пива после дображивания?

2. Для чего необходима карбонизация пива?

3. Какая тара и оборудование применяется для розлива пива?

4. Какой режим необходим для пастеризации пива?

**5 ХРАНЕНИЕ ПИВА**

**Процессы, происходящие в пиве при хранении** Пиво - это сложная система, в которой большая часть экстрактивных веществ присутствует в виде коллоидных растворов. Только небольшая часть экстрактивных веществ пива образует настоящие (молекулярные) растворы.

Хотя качество пива в значительной степени зависит от химического состава, многие его свойства связаны с физико-химическим составом. При дображивании и выдержке все основные показатели пива выравниваются. Коллоидная система тоже находится в равновесии. Однако это равновесие неустойчиво и легко нарушается. При старении коллоидов, денатурации белков и возникновении адсорбционных соединений коллоидное равновесие медленно, но постоянно смещается. При этом коллоидные частицы постепенно увеличиваются, пока не образуется видимая опалесценция, а затем помутнение и в конце осадок.

Кроме того, равновесие нарушается при высокой температуре, окислении, присутствии следов тяжелых металлов. От этого страдает вкус и пенистость пива.

Характерно и с точки зрения некоторых основных свойств пива важно, чтобы пиво всегда поставляли неполностью сброженным. Степень сбраживания выпускаемого пива более или менее приближается к конечной степени сбраживания, однако полное сбраживание могло бы отрицательно повлиять на вкусовые свойства пива. И наоборот, пиво, выпускаемое глубоко сброженным, содержит меньше сбраживаемых веществ и в определенных пределах имеет более высокую биологическую стойкость.

В стандартах для каждого сорта пива указывают гарантированный срок, в течение которого оно должно сохранять свои потребительские достоинства, т.е. стойкость пива в сутках. Хранить пиво следует при температуре не выше 12 °С и не ниже 2 °С в неосвещенных помещениях. В этих условиях стойкость непастеризованного пива колеблется от 3 сут (Бархатное) до 17 (Портер).

Гарантированный срок хранения пастеризованного пива, приготовленного с применением стабилизаторов - 3 месяца, без применения стабилизаторов – 1 месяц со дня розлива.

Под ***стойкостью*** понимают число суток, в течение которых в пиве не наблюдаются появления помутнения и осадка. Для определения стойкости бутылки с пивом помещают в термостат при температуре 20 °С и ежедневно наблюдают за изменением прозрачности.

***Стойкость*** непастеризованного пива называют ***биологической***. Помутнение непастеризованного пива чаще всего вызывается развитием микроорганизмов, пастеризованное - старением коллоидной системы, укрупнением коллоидных частиц.

Стойкость пастеризованного пива называют ***физико-химической*** или ***коллоидно-белковой стойкостью***.Она характеризует сопротивляемость пива внешним воздействиям: повышенной температуре хранения, охлаждению, сотрясению при транспортировке. Коллоидная стойкость пива зависит от содержания в нем высокомолекулярных белков. Наличием этих веществ определяются характерные свойства и многие дефекты пива. В образовании помутнений пастеризованного пива участвуют и другие коллоидные вещества - некрахмалистые полисахариды.

Содержание высокомолекулярных белков в пиве в основном зависит от качества исходного ячменя и степени разрыхления его при соложении. При большом содержании высокомолекулярных белков стойкость пива снижается, оно легко мутнеет, особенно при повышенной температуре хранения и при значительном количестве воздуха в пиве.

**Дефекты пива и его стойкость в процессе хранения**

**Дефекты вкуса, связанные с нарушением технологии *Неприятный горький и терпкий вкус*** чаще всего имеет пиво, полученное на основе жесткой карбонатной воды, сильно щелочной воды, а также при умягчении перекальцинированной воды. В этом случае пиво имеет также более интенсивный цвет.

Часто причиной ***неприятной горечи пива*** бывает недостаточное осаждение и удаление горьких взвесей на тарелочных холодильниках или в отстойно-холодильных чанах и в процессе главного брожения, или неправильный съем бродильных дек. Горьким бывает пиво из плохо растворенного солода.

Другой причиной горького вкуса пива является ***окисление***. Оно может иметь место в ходе технологического процесса или при розливе готового пива в транспортную тару. В пиве в бутылках причиной этого бывает высокое содержание кислорода воздуха в горлышке бутылки, который, отрицательно влияет на вкус и коллоидную стабильность пива, главным образом при пастеризации.

Довольно редко причиной горького вкуса бывает неправильная дозировка хмеля или переработка лежалого хмеля.

Терпкий или ***пригорелый привкус темного пива*** происходит от некачественного цветного солода или из карамели неподходящего качества и т. д.

Считают, что ***кислый привкус*** встречается у пива при ведении главного брожения и дображивания при повышенной температуре и у пива молодого, невыдержанного. Кроме того, несколько раз использованные дрожжи, дегерировавшие и частично подвергшиеся автолизу, сохраняемые при высоких температурах под водой, могут стать причиной ***дрожжевого привкуса***. Дрожжевой привкус может иметь пиво с большой добавкой завитков.

***Незрелый вкус*** имеет пиво, которое дображивалось короткое время или медленно. Причиной незрелого вкуса пива является, с одной стороны, присутствие меркаптанов и некоторых альдегидов и, с другой — присутствие летучих сернистых соединений, например, сероводорода и двуокиси серы, которые образуются при главном брожении. При холодном и достаточно продолжительном дображивании эти летучие вещества удаляются с углекислым газом, выходящим через шпунтаппарат. У молодого пива этот процесс протекает лишь частично и пива сохраняет «незрелый» вкус.

***Подвальный привкус*** - это различные отклонения от нормального чистого вкуса, которые встречаются у пива некоторых заводов в связи с каким-либо производственным недостатком. Чаще всего причинами бывают различные отклонения в чистоте производственного оборудования или среды. Достаточно редко причиной бывает постоянная ошибка в технологических операциях.

Различные привкусы могут возникнуть также при переработке некачественного сырья (солода или хмеля).

***Пустой вкус*** имеет пиво с низким содержанием спирта, т.е. недостаточно сброженное, пиво из сусла с высоким содержанием декстринов и низкой конечной степенью сбраживания. Пустой вкус иногда встречается также у пива из перешпунтованного или у пива из перерастворенного солода, он может появиться также в результате чрезмерного расщепления белков при затирании, излишнего окисления, например, в отстойно-холодильном чане, и при слишком резкой фильтрации.

***Пастеризационный (хлебный) привкус*** имеет почти все пастеризованное пиво. Его интенсивность различна и возрастает с температурой и временем, в течение которого действует температура пастеризации. Поэтому стремятся достичь требуемого действия пастеризации при возможно низкой температуре, дающей эффект пастеризации и за короткое время. При пастеризации появляется также окисление пива кислородом воздуха из горлышка бутылки. При этом образуется кислый привкус, который появляется также и в непастеризованном пиве спустя определенное время хранения его. Причиной ***кислого привкуса*** считается фенилаланин; при его окислении образуется фенилуксусная кислота, которая этерифицируется.

***Солнечный привкус*** очень неприятный. Он образуется в пиве в бутылках (и пиве в стакане) при относительно быстром действии прямых солнечных лучей или при продолжительном воздействии рассеянного дневного света или света из светового источника.

Этот дефект является результатом фотохимического воздействия ультрафиолета на сульфгидрильные группы экстрактивных веществ с образованием этилмеркантана.

**Дефекты вкуса, образующиеся при соприкосновении пива с посторонними материалами** ***Вкус смолы*** появляется при смолении смолой, плохо очищенной, содержащей много летучих веществ. Часто причиной бывает недостаточное удаление смоляных паров из осмоленной бочки или розлив пива в свежеосмоленные бочки, которые не были промыты водой.

***Вкус древесины*** образуется при прямом соприкосновении пива с незащищенной специальным покрытием древесиной, главным образом с новой, не бывшей в соприкосновении с пивом.

***Вкус керосина*** имеет пиво из бродильных чанов, покрытых свежим парафином, если был использован парафин с низкой точкой плавления, содержащий летучие фракции керосина.

***Вкус лака*** может встречаться у пива из бродильных чанов, покрытых пивным лаком плохого качества. Некачественными бывают пивные лаки из некоторых заменителей натурального шеллака.

***Металлический и чернильный привкус*** образуется при реакции дубильных веществ пива с незащищенной поверхностью железного оборудования. Такое пиво имеет при этом пену коричневатого цвета.

***Фенольный*** ***(карболовый, больничный)*** ***привкус*** образуется по различным причинам. В первую очередь он проявляется у пива из производственной воды с высоким содержанием нитратов. Его может вызвать также свободный хлор, если ячмень замачивается в воде с добавкой хлорной извести, или фильтромасса стерилизуется хлорной известью и при этом остатки хлора не удаляются химическим путем (сульфитом).

При редукции сульфатов или сульфитов из сульфитированного хмеля могут образовываться меркаптаны или сероводород. В случаях, если брожение недостаточно бурное, чтобы образовавшийся углекислый газ мог удалить эти вещества из пива, также проявляется фенольный (карболовый) привкус.

Наконец, причиной фенольного привкуса может являться частичный автолиз дрожжей при дображивании. Причина заключается в плохом физиологическом состоянии семенных дрожжей, если их задают несколько раз без промывки или долго хранят под водой с недостаточно низкой температурой.

**Дефекты биологического происхождения** Посторонние микроорганизмы, инфицирующие пиво в производственном процессе, вызывают вкусовые недостатки пива за счет образования продуктов метаболизма. Инфицированное пиво одновременно мутнеет.

Если в пиве, разлитом в транспортную тару, возобновится брожение культурными дрожжами, возникает ***дрожжевой привкус***.

Если в сусле при охлаждении размножатся так называемые ***термобактерии***, образуется характерный ***привкус***, напоминающий вкус ***сельдерея***. Этот привкус в сусле очень сильный и он остается в пиве. Также он встречается в пиве, изготовленном на небольших пивоваренных заводах, где сусло оставляют на тарелках на ночь и сбраживают с опозданием.

Если пиво имеет дрожжевой привкус после фильтрации, то этот недостаток возник при дображивании в результате автолиза мертвых дрожжевых клеток.

Пиво, инфицированное дикими дрожжами, подвергается разным вкусовым изменениям. ***Дикие дрожжи***, главным образом Saccharomyces pastorianus, придают пиву ***терпко-горький вкус***, которой возрастает до такой степени, что пиво может стать непригодным.

Молочнокислые бактерии (Lactobacillus pastorianus) способствуют образованию молочной кислоты и других органических кислот. Если превзойдена предельная граница по их содержанию, то пиво становится непригодным.

***Привкус плесени*** вызывается различными вида плесени, распространенными в лагерных помещениях. Пиво очень восприимчиво к посторонним запахам и легко воспринимает запах плесени или подвальный привкус.

Часто привкус плесени пива происходит от разных видов Penicillium, а затхлый подвальный привкус от грибов Mucor. Подвальной плесенью являются вызывающие «заплесневение» деревянных бродильных чанов и лагерных бочек Dematium pullulans и Oospora lactis.

***Сарциновый вкус*** — это комбинация кислого вкуса со вкусом диацетила, который является продуктом метаболизма пивной сарцины (Pediococcus cerevisiae). Вкус очень неприятный, он делает пиво непригодным. Слабый привкус диацетила можно устранить при добавке завитков к пиву. При редуцирующем действии дрожжей из диацетила образуется ацетоин, вкус которого проявляется в меньшей степени. Однако большое количество ацетоина также придает пиву неприятный вкус.

**Стойкость пива** Важный показатель качества пива - его стойкость. Под ***стойкостью*** понимают число суток, в течение которых в пиве не наблюдаются появления помутнения и осадка. Для определения стойкости бутылки с пивом помещают в шкаф-термостат при температуре 20 °С и ежедневно наблюдают за изменением прозрачности. Пиво должно храниться при температуре не ниже 2 °С и не выше 12 °С.

Различают два основных типа помутнения пива: биологическое и коллоидное.

***Биологическое помутнение***. Горячее готовое сусло стерильно. На последующих этапах производства в пиво попадают дрожжи и бактерии, которые вследствие их сильного размножения и образования продуктов обмена могут вызвать помутнение пива и сделать его непригодным во вкусовом отношении.

***Дрожжевое помутнение*** пива обусловлено размножением культурных и диких дрожжей.

При повышенной температуре и в присутствии воздуха начинается жизнедеятельность культурных дрожжей, содержащихся в отфильтрованном пиве, что приводит к образованию мути. Дикие дрожжи наиболее часто попадают на производство в период цветения и созревания плодов. Эти дрожжи являются причиной помутнения, образования пленки на поверхности и изменения вкуса и аромата пива.

Устраняют дрожжевое помутнение микрофильтрованием и ультрафильтрованием.

Бактериальное помутнение пива могут вызвать присутствующие в нем пивные сарцины, уксуснокислые, молочнокислые бактерии и термобактерии.

Пивные сарцины быстро образуют муть, а при наличии кислорода продуцируют диацетил, придающий пиву неприятный сладкий привкус.

Молочнокислые бактерии создают помутнение с отличительным шелковистым блеском. Далее количество мути уменьшается и образуется белый осадок. В процессе хранения повышается кислотность пива, вкус его становится неприятным.

Уксуснокислые бактерии редко встречаются при низовом брожении. Присутствие их приводит к повышению кислотности и неприятному привкусу пива.

Термобактерии, присутствующие в пивном сусле, вызывают ухудшение процесса брожения и помутнение пива.

Низкая биологическая стойкость возникает из-за недостаточной чистоты на производстве; перегрузки фильтра при фильтрации пива; слишком большой разницы между конечной степенью сбраживания и степенью сбраживания готового пива; аэрации пива, прежде всего во время розлива; высокой температуры хранения; длительного движения пива.

Для удаления микроорганизмов пиво пастеризуют или подвергают стерилизующей фильтрации.

***Коллоидное помутнение***. Различают несколько видов коллоидного помутнения: «холодное», металлобелковое, оксалатное, окислительное, клейстерное, смоляное.

***«Холодное» помутнение*** появляется при охлаждении и может быть обратимым и необратимым. Обратимое помутнение, или помутнение от охлаждения, образуется при снижении температуры пива до 0 °С. Если температура повышается до 20 °С, то помутнение в большинстве случаев исчезает. Необратимое, или постоянное, помутнение, часто называемое ***окислительным***, образуется медленно и остается при обычной температуре; оно характерно для пастеризованного пива.

Обратимая и необратимая муть представляет собой непрочное соединение высокомолекулярных продуктов распада белка с полифенольными веществами, к которым присоединяется небольшое количество углеводов и минеральных веществ, прежде всего солей тяжелых металлов.

***Металлобелковое помутнение*** наблюдается при образовании нерастворимого комплекса белковых веществ и металла. Наиболее активно вызывают помутнения олово, медь, железо.

***Оксалатное помутнение*** встречается при наличии щавелевокислого кальция (оксалата кальция) - основного компонента пивного камня, осаждаемого на стенках бродильного аппарата.

***Клейстерное помутнение*** образуется при недостаточном гидролизе крахмала ферментами при затирании.

***Смоляное помутнение*** появляется при плохом осаждении хмелевых веществ при производстве пива.

Образование коллоидной мути можно предотвратить или очень сильно замедлить, если принимать следующие меры: предотвращать образование многих комплексных продуктов разрушения белка в процессе производства пива; удалять из пива части комплексных продуктов разрушения белка; исключать ферментативное расщепление комплексных продуктов расщепления белка; частично удалять полифенолы во время производства пива и удалять полифенолы из готового пива; проводить ферментативное разрушение полифенолов; дображивать пиво при низкой температуре; предотвращать поступление кислорода и удалять его; исключать поступление в пиво тяжелых металлов и их солей.

Кроме того, для улучшения коллоидной стойкости необходимо добавлять в пиво ***стабилизирующие средства***.

С этой целью пиво обрабатывают ферментными препаратами, химическими веществами или адсорбентами.

Одним из наиболее эффективных способов повышения коллоидной стойкости пива является обработка стабилизаторами, содержащими в качестве активного компонента протеолитические ферменты. В основном стабилизаторы применяют после предварительной обработки пива осадителем или адсорбентом, которые эффективно снижают концентрацию высокомолекулярной фракции белка в пиве и тем самым создают более благоприятные условия для расщепления полипептидов ферментными препаратами с протеолитической активностью.

В отечественной пивоваренной промышленности применяют следующие ферментные препараты: Протосубтилин Г10х, Протосубтилин Г20х, Проторизин П25х, а также Пектофоетидин П10х и Целлолигнорин П10х и др. Ферментные препараты добавляют после фильтрования в отделении дображивания, иногда дозируют под давлением в танки перед окончанием дображивания или в напорные сборники перед розливом. Ферментные препараты предварительно растворяют в небольшом количестве пива.

Дозировку ферментного препарата определяют с учетом его активности, содержания азотистых веществ, образующих помутнения, и срока хранения пива. Обычно она колеблется от 1 до 7 г/гл пива.

Для предотвращения окислительных процессов, ведущих к образованию помутнений, также применяют ***антиокислительные препараты***, например, двуокись серы, сульфиты, аскорбиновую кислоту и ее натриевую соль, а также редуктоны, полученные из сахаров в щелочной среде.

Дозировка аскорбиновой кислоты при розливе пива в бутылки вместимостью 0,5 дм3 со средним содержанием 5 см3 воздуха в горлышке каждой бутылки 3-5 г/гл.

Добавляют антиокислитель в любой стадии производства после главного брожения.

Наиболее эффективно вводить антиокислители раньше, чем пиво будет находиться в контакте с кислородом воздуха, при этом целесообразно дозирование в два приема: вначале в отделении дображивания и после фильтрования перед розливом.

Под действием адсорбентов и осадителей снижается концентрация белковых и полифенольных веществ.

В качестве осадителей и адсорбентов в производстве пива применяют танин, бентониты, активный уголь, силикагельные препараты.

Танин осаждает высокомолекулярные белки и оказывает значительное стабилизирующее действие.

Бентониты - это силикаты группы монтмориллонитов, их основная составляющая - силикат алюминия. Недостатком применения бентонитов является то, что для обеспечения существенного стабилизирующего эффекта необходимы сравнительно большие дозировки этого средства (100-300 г/гл). В течение неполных 24 ч действия бентонит адсорбирует весь азот, который способен адсорбироваться. Бентонит оставляют на 5-6 сут, чтобы образованные комплексы и адсорбенты образовали плотный осадок и не осложняли фильтрование пива.

Активный уголь адсорбирует азотистые вещества, но с меньшей эффективностью. Он адсорбирует полифенолы, горькие и красящие вещества, и его стабилизирующее действие объясняется прежде всего адсорбцией полифенолов. При дозировке активного угля более 10 г/гл отмечается изменение качества пива, так как активный уголь адсорбирует также вещества, обусловливающие вкус пива.

Для повышения стойкости пива используют адсорбенты белковых веществ на базе силикагелей. Работать с силикагельными препаратами легче, чем с бентонитами, так как они не набухают, но при внесении в пиво они распыляются.

Контрольные вопросы

1. Какие процессы происходят в пиве при хранении?

2. Охарактеризуйте дефекты вкуса пива, связанные с нарушением технологии?

3. Какие бывают дефекты вкуса, образующиеся при соприкосновении пива с посторонними материалами?

4. Какие микроорганизмы вызывают дефекты пива биологического происхождения?

5. Какие стабилизирующие средства применяют в технологии пива?

Литература

1. Кунце В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. - СПб.: Профессия, 2001.
2. http://www.propivo.ru/sens/01/40.html
3. Мальцев П.М. Технология бродильных производств / П.М. Мальцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая пром-сть, 1980, 560 с.
4. Ковальская Л.П. Технология пищевых производств / Л.П. Ковальская, И.С. Шуб, Г.М. Мелькина и др./ под ред. Л.П.Ковальской. - М.: Колос, 1997. – 752 с.
5. Николаева М.А. Товарная экспертиза / М.А. Николаева. - М.: Издательский дом «Деловая литература», 1998. – 288 с.
6. Покровская Н.В. Биологическая и коллоидная стойкость пива / Н.В. Покровская, Я.Д. Казанер. - М.: Пищевая промышленность, 1978.
7. Позняковский В.М. Гигиенические основы питания и экспертизы продовольственных товаров / В.М. Позняковский. - Новосибирск: Издательство Новосибирского университета, 1996.
8. Сапожник И.И. Изменение качества пива во время хранения / И.И. Сапожник // Товароведение. - 1986. – Вып. № 19.
9. Фараджева Е.Д. Общая технология бродильных производств / Е.Д. Фараджева, В.А. Федоров. – М.: «Колос», 2002, 408 с.